



(19)

(11) Publication number: 2002042434 A

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 2000218623

(51) Int. Cl.: G11B 21/12 G05B 11/36 G05B 13/02
G11B 21/08

(22) Application date: 19.07.00

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: 08.02.02(84) Designated
contracting states:

(71) Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(72) Inventor: INAJI TOSHIO
TAKASO HIROSHI

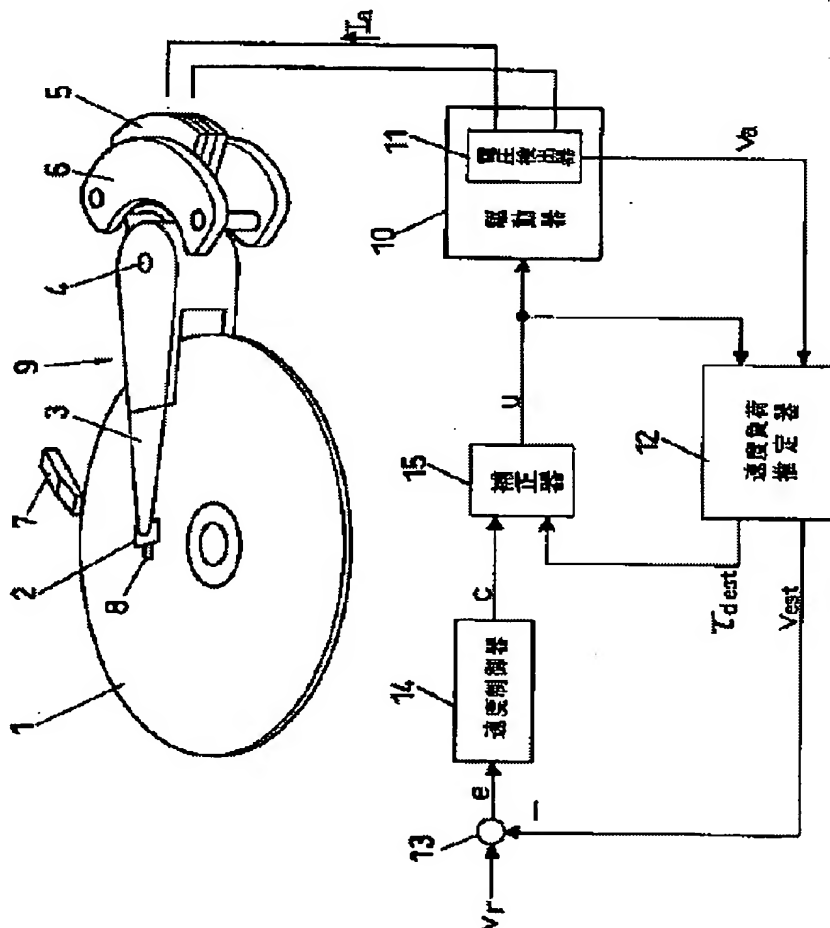
(74) Representative:

(54) DISK DEVICE

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a disk device in which stable speed control is possible even if the fluctuation in the disturbance load on a lamp block is large during loading and unloading.

SOLUTION: This disk device has an actuator 9 which loads and unloads a magnetic head 2 to and from a disk 1, a drive means 10 for the actuator 9, a voltage detecting means 11 which outputs the voltage signal v_a generated in the drive of the actuator 9, a speed load estimating means 12 which estimates a head moving speed (v) and the magnitude of the disturbance load τ_d exerted on the magnetic head 2 from a drive signal (u) and the voltage signal v_a and outputs a speed estimation signal v_{est} and load estimation signal τ_{dest} , a speed control means 14 which forms and outputs the speed control signal (c) from a speed command signal v_r and the speed estimation signal v_{est} and a corrector 15 which outputs the drive signal (u) from the load estimation signal τ_{dest} and the speed control signal (c). The device carries out the loading and unloading operation at a stable speed even to the disturbance load by the friction, etc., on the lamp block 7.



COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-42434

(P2002-42434A)

(43) 公開日 平成14年2月8日 (2002.2.8)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
G 1 1 B 21/12		G 1 1 B 21/12	T 5 D 0 7 6
G 0 5 B 11/36		G 0 5 B 11/36	C 5 D 0 8 8
	13/02	13/02	C 5 H 0 0 4
G 1 1 B 21/08		G 1 1 B 21/08	H

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2000-218623(P2000-218623)

(22) 出願日 平成12年7月19日 (2000.7.19)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 稲治 利夫

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 高祖 洋

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 100086737

弁理士 岡田 和秀

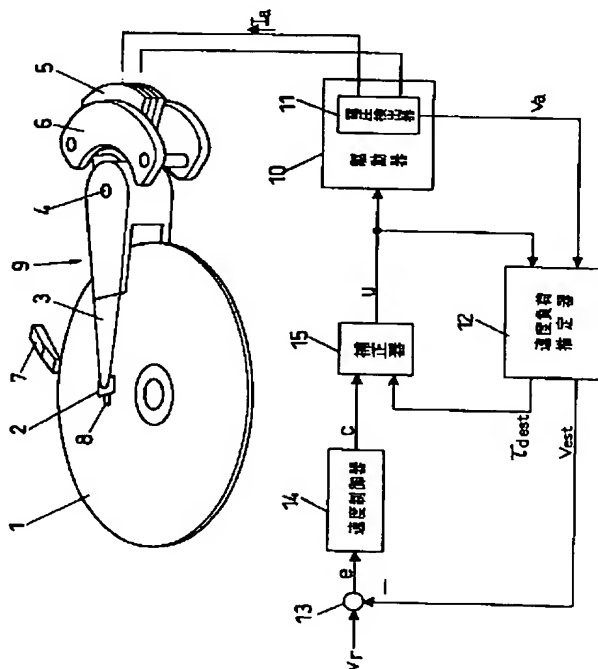
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ディスク装置

(57) 【要約】

【課題】 ロード・アンロード時にランプブロック上の外乱負荷の変動が大きくても、安定な速度制御が可能なディスク装置を提供する。

【解決手段】 ディスク1に対する磁気ヘッド2のロード・アンロードを行うアクチュエータ9と、アクチュエータ9の駆動手段10と、アクチュエータ9の駆動において発生する電圧信号Vaを出力する電圧検出手段11と、駆動信号uと電圧信号Vaからヘッド移動速度vと磁気ヘッド2に加わる外乱負荷τdの大きさを推定し速度推定信号vestと負荷推定信号τdestを出力する速度負荷推定手段12と、速度指令信号vrと速度推定信号vestより速度制御信号cを生成し出力する速度制御手段14と、負荷推定信号τdestと速度制御信号cより駆動信号uを出力する補正器15とを備え、ランプブロック7上の摩擦等による外乱負荷に対しても安定な速度でロード・アンロード動作を行う。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号からヘッド移動速度と前記ヘッドに加わる外乱負荷の大きさを推定し速度推定信号と負荷推定信号とを出力する速度負荷推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より速度制御信号を生成し出力する速度制御手段とを具備し、前記駆動信号は前記速度制御信号と前記負荷推定信号を合成して得られるように構成されていることを特徴とするディスク装置。

【請求項2】 前記速度負荷推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項1に記載のディスク装置。

【請求項3】 ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、速度制御信号と前記電圧信号からヘッド移動速度と前記ヘッドに加わる外乱負荷の大きさを推定し速度推定信号と負荷推定信号とを出力する速度負荷推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より前記速度制御信号を生成し出力する速度制御手段とを具備し、前記駆動信号は前記速度制御信号と前記負荷推定信号を合成して得られるように構成されていることを特徴とするディスク装置。

【請求項4】 前記速度負荷推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記速度制御信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項3に記載のディスク装置。

【請求項5】 前記速度負荷推定手段は、高域周波数成分を遮断する状態で前記負荷推定信号を出力するように

構成されていることを特徴とする請求項1から請求項4までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項6】 ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号からヘッド移動速度を推定し速度推定信号を出力する速度推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より速度制御信号を生成しこの速度制御信号を前記駆動信号として出力する速度制御手段とを具備していることを特徴とするディスク装置。

【請求項7】 前記速度推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項6に記載のディスク装置。

【請求項8】 ディスクに対してヘッドの移動を行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号からヘッド移動速度と前記ヘッドに加わる外乱負荷の大きさを推定し速度推定信号と負荷推定信号とを出力する速度負荷推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より速度制御信号を生成し出力する速度制御手段と、前記ヘッドにより検出され前記ディスクに予め記録されているサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記速度制御信号と前記位置制御信号とが入力され切換指令に応じていずれかの制御信号が選択され出力される選択手段とを具備し、前記駆動信号は前記選択手段の出力する前記制御信号と前記負荷推定信号を合成して得られるように構成されていることを特徴とするディスク装置。

【請求項9】 前記速度負荷推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手

段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項8に記載のディスク装置。

【請求項10】 ディスクに対してヘッドの移動を行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、速度指令信号と速度推定信号より速度制御信号を生成し出力する速度制御手段と、前記ヘッドにより検出され前記ディスクのサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記速度制御信号と前記位置制御信号とが入力され切換指令に応じていずれかの制御信号が選択され出力される選択手段と、前記電圧信号と前記選択手段の出力する制御信号からヘッド移動速度と前記ヘッドに加わる外乱負荷の大きさを推定し前記速度推定信号と負荷推定信号とを出力する速度負荷推定手段とを具備し、前記駆動信号は前記選択手段の出力する制御信号と前記負荷推定信号を合成して得られるように構成されていることを特徴とするディスク装置。

【請求項11】 前記速度負荷推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記制御信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されていることを特徴とする請求項10に記載のディスク装置。

【請求項12】 前記位置制御手段は、前記位置検出手段が出力する前記誤差信号と前記速度負荷推定手段が出力する前記速度推定信号とに基づいて前記位置制御信号を生成するように構成されていることを特徴とする請求項8から請求項11までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項13】 前記速度負荷推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段または前記速度制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項8から請求項12までのいずれかに記載のディスク装置。

【請求項14】 ディスクに対してヘッドの移動を行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号からヘッド移動速度を推定し速度推定信号を出力する速度推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より速度制御信号

を生成し出力する速度制御手段と、前記ヘッドにより検出され前記ディスクのサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記位置検出手段の出力する誤差信号と前記速度推定手段の出力する速度推定信号より位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記速度制御信号と前記位置制御信号とが入力され切換指令に応じていずれかの制御信号が選択され出力される選択手段を具備していることを特徴とするディスク装置。

10 【請求項15】 前記速度推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を第2の乗算手段と第1の積分手段へ出力する
20 ように構成されていることを特徴とする請求項14に記載のディスク装置。

【請求項16】 前記速度推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段または前記速度制御手段の制御帯域よりも大きく設定されていることを特徴とする請求項15に記載のディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アクチュエータによりヘッドをディスク面上にロードしたディスク面上からアンロードさせるロード・アンロード機構を有するディスク装置に関し、さらに磁気ヘッドなどの記録／再生ヘッドをアクチュエータにより記録媒体であるディスクの目標トラックの所望の位置へ高精度に位置決めを行うディスク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、磁気ディスク装置は、小型化、大容量化が急速に進んでいる。

【0003】従来の磁気ディスク装置では、コンタクトスタート・ストップ(CSS)方式が採用されている。これらCSS方式のディスク装置では、ディスクが停止している非動作時には、ヘッドが搭載されたヘッドスライダをディスク表面のデータ領域外に形成された待避領域に着地させている。したがって、CSS方式の磁気ディスク装置では、ヘッドスライダが衝撃によりデータ領域に移動してディスク表面を傷つけたり、ディスクデータ領域表面に吸着されたりする危険性があった。

【0004】このような危険性を回避し、非動作時の信頼性を高めることを目的として、ヘッドロード・アンロード機構を有するディスク装置が開発されている。これは、ディスク外周縁の外側にランブブロックを配置して

おき、ディスク装置の動作を停止するときには、ヘッドアームを回動させてヘッドアームのサスペンションタブをランブブロックのタブ保持面に載せることにより、ヘッドスライダをアンロードさせるものである。また、ディスク装置が動作を開始するときには、ヘッドアームを回動させてヘッドスライダをランブブロックから回転するディスク上にロードさせるように構成されている。

【0005】ロード・アンロード方式の磁気ディスク装置の特徴としては、非動作時には、ヘッドスライダをランブブロック上に退避させるので、ディスク停止時にヘッドスライダがディスクデータ領域表面に吸着されることがない。したがって、より平滑表面のディスクを使用することができるため、より高密度記録を実現できる。また、ヘッドをディスクから退避させるため、非動作時の耐衝撃性を向上できるという特徴を有する。

【0006】その反面、ロード・アンロード方式の磁気ディスク装置では、ヘッドのローディング速度が速すぎるとヘッドスライダがディスクと衝突してディスクおよびヘッドを損傷するため、緩やかな速度でヘッドスライダをディスク上に滑らかに浮上させる必要がある。そこで、ヘッドをディスク上に滑らかにローディングさせるためには、ランブブロック上でも安定な速度制御を行う必要がある。

【0007】ロード・アンロードの信頼性を向上させるために、従来のロード・アンロード方式のディスク装置では、ヘッドを駆動するアクチュエータとしてボイスコイルモータ（VCM）が使用され、VCMが回動したときにVCMコイル両端に発生する誘起電圧をブリッジ回路で検出し、得られた検出電圧を速度信号としてフィードバック速度制御を行っていた（例えば、特開平11-25626号公報参照）。

【0008】磁気ディスク装置の大容量化については、磁気ディスクのトラック密度の高密度化が進み、トラックピッチはさらに狭くなる傾向にある。そのため、磁気ディスクにデータを記録再生するため、狭いトラックピッチで形成された目標トラックに磁気ヘッドを高い精度で位置決めすることが必要になってきている。

【0009】従来の磁気ディスク装置においては、磁気ヘッドを位置決めするために、磁気ディスクにサーボ情報を予め形成しておき、このサーボ情報に従って磁気ヘッドの位置決め制御が行われている。すなわち、サーボ情報を磁気ヘッドで読み取ることにより、目標トラックに対する磁気ヘッドの位置誤差を示す誤差信号を生成し、この誤差信号が最小となるように磁気ヘッドは位置決め制御されている。

【0010】したがって、磁気ヘッドの位置決め精度を高めるためには、磁気ヘッドの位置決め制御系の制御周波数を高く設定して、磁気ヘッドを目標トラックに迅速に位置決めし、必要な位置決め精度を確保していた。

【0011】しかし、位置決め機構のアクチュエータ自

体には高次の固有機械共振が存在する場合があります。位置決め精度を高めるため制御周波数を高くすると、その固有機械共振により位置決め制御系が不安定になってしまうという問題がある。したがって、実際にはアクチュエータ自体の固有機械共振により、制御周波数の帯域は制限されるため、位置決め制御系の制御周波数を高めることには限界があった。そこで、磁気ヘッドの位置決め精度を高めるために、位置決め精度を悪化させる要因であるアクチュエータに作用する外力を低減することが行われている。

【0012】近年のトラック密度の高密度化とアクチュエータの小型軽量化により、アクチュエータに作用する外力が位置決め制御系に与える影響は大きい。しかも、磁気ディスク装置の小型化と高記録密度化に伴って、磁気ヘッドの高精度位置決めの要求は厳しくなる一方で、これら磁気ディスク装置では、フィードバック制御により外力を補償することが行われている。

【0013】例えば、磁気ディスクに記録されたサーボ情報からヘッド位置信号を得て、このヘッド位置信号とアクチュエータであるVCM駆動信号を入力とする外力推定手段により外力を補償する方法が提案されている（例えば、特開平9-231701号公報参照）。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の従来技術においては、ヘッド移動速度のフィードバック速度制御を行うに必要な速度信号として、ヘッドを駆動するアクチュエータであるVCMが回動したときにVCMコイルに発生する誘起電圧を利用する。その誘起電圧を検出するために一般にはVCMコイルを一边とするブリッジ回路を用いる。したがって、回路構成は簡単であるが、ランブブロック上での摩擦等による外乱負荷の変動の影響を受けやすく、一般にサスペンションタブとランブブロック上のタブ保持面との摺動摩擦による外乱負荷の変動が大きいと、ヘッドスライダ速度が大きく変動するといった問題があった。したがって、いくらヘッドスライダ移動速度のフィードバック制御を施したところで、ヘッドローディング速度の変動が大きくスライダがディスクに衝突する危険性があるといった問題があった。

【0015】本発明は、上記問題点を鑑み、ヘッドスライダの移動速度を正確に検出し、併せて、アクチュエータに作用する摩擦などの外力を補償することにより、ランブブロック上の外乱負荷の変動が大きくても、安定な速度制御が可能なディスク装置を提供することを目的とする。

【0016】また、本発明は、切換指令に応じてヘッドの移動速度制御と目標トラックへの位置決め制御との全く異なる制御を切り換えることにより、ディスク上にヘッドを滑らかにローディングさせた後、ディスクにデータを記録／再生するためにヘッドを狭いトラックピッチ

で形成された目標トラックに高い精度で位置決め制御が可能なディスク装置を提供することを目的とする。

【0017】また、本発明は、ヘッドのロード・アンロードにおける速度制御だけでなく、ヘッドを目標トラックへ向けて移動させるシーク速度制御の高度化が可能なディスク装置を提供することを目的とする。

【0018】

【課題を解決するための手段】ヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段の速度制御のためにヘッドの移動速度を推定する。また、ヘッドがランブブロックなどのヘッド退避部材から受ける摩擦等による外乱負荷を打ち消すために、その外乱負荷の大きさを推定する。このヘッド移動速度と外乱負荷の大きさの推定に際して、2つの要素を用いる。1つは、アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し、その検出結果としての電圧信号を用いる。もう1つは、アクチュエータ手段の駆動手段における駆動信号である。ここで、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよい。また、駆動手段における駆動信号に代えて、その駆動信号を生成するものになる速度制御信号を用いてもよい。すなわち、ヘッド移動速度と外乱負荷の大きさを推定するための速度負荷推定手段を設け、この速度負荷推定手段をもって、電圧検出手段が検出した電圧信号と駆動手段における駆動信号または速度制御信号とを入力として、速度推定信号と負荷推定信号とを生成させる。2つの要素に基づいて生成した負荷推定信号は、ヘッドに実際に加わる外乱負荷の大きさを正確に推定したものとなる。外乱負荷の大きさの推定の過程でヘッド移動速度の推定を並行して行うので、根本のヘッド移動速度についても正確な推定となる。ヘッド移動速度の推定に直接に関連付けて外乱負荷の大きさの推定を行う点が重要である。

【0019】以上のようにして正確に割り出した負荷推定信号をもってヘッドに加わる外乱負荷を打ち消すように、その負荷推定信号を速度制御信号に合成して駆動信号を生成し、その駆動信号を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより、ヘッドに加わる外乱負荷を良好に打ち消すことができる。さらに、負荷推定信号に直接に関連付けて速度制御を行うので、ロード・アンロード時にランブブロックなどのヘッド退避部材での外乱負荷の変動が大きくても、速度制御を十分に安定的に行うことができる。すなわち、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。また、その副次的効果として、実質的に、トラック密度の向上を可能となし、大容量のディスク装置の実現化を促すことができる。

【0020】さらに、上記のロード・アンロード動作からシーク動作を経てフォローイング動作に移行するが、このときに、次のような切り換えを行って目標トラック

に対するヘッドの位置制御を行うのが好ましい。ディスクに予め記録されているサーボ情報を利用し、これをヘッドでピックアップし、位置検出手段をもってヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成する。位置制御手段は前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成する。そして、フォローイング動作に移ると、選択手段が、ロード・アンロード動作時、シーク動作時の速度制御信号から位置制御信号に切り換える。アクチュエータ手段に対する駆動信号は選択手段の出力する位置制御信号と負荷推定信号を合成して得る。この結果、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力や磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力等の外乱負荷の大きさを正確に推定することができる。その推定にかかわる外乱負荷が負荷推定信号となる。

【0021】以上のようにして正確に割り出した負荷推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱負荷を打ち消すように、その負荷推定信号を選択手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成し、その駆動信号を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動することにより、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外力に対する補償を行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時に軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を十分に安定的に行うことができる。すなわち、位置決め精度を向上させることができる。また、その副次的効果として、実質的に、トラック密度の向上を可能となし、大容量のディスク装置の実現化を促すことができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を総括的に説明する。

【0023】本願第1の発明のディスク装置は、ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号からヘッド移動速度と前記ヘッドに加わる外乱負荷の大きさを推定し速度推定信号と負荷推定信号とを出力する速度負荷推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より制御信号を生成し出力する速度制御手段とを具備し、前記駆動信号は前記制御信号と前記負荷推定信号を合成して得られるように構成されていることを特徴とする。なお、この構成において、駆動手段における駆動信号としては、駆動手段に入力するものであってもよいし、あるいは、駆動手段から出力するものであってもよく、この点は以下でも

同様である。

【0024】この第1の発明による作用は次のとおりである。速度負荷推定手段は、アクチュエータ手段を駆動するための駆動手段における駆動信号とアクチュエータ手段の駆動において検出した電圧信号とに基づいてヘッド移動速度およびヘッドに加わる外乱負荷の大きさを正確に推定することができる。その推定にかかわるヘッド移動速度が速度推定信号であり、また、その推定にかかわる外乱負荷が負荷推定信号である。ここで、特に、駆動信号と電圧信号とからヘッドに加わる外乱負荷の大きさを正確に推定できることが重要である。また、外乱負荷の大きさの推定の過程でヘッド移動速度の推定を並行して行えることも重要である。外乱負荷の大きさを正確に推定することができるのであるが、その推定の過程で、根本となるヘッド移動速度についても正確な推定を行うことができ、ヘッド移動速度の推定に直接に関連付けて外乱負荷の大きさの推定を行うことができることが重要である。

【0025】以上のようにして正確に割り出した負荷推定信号をもってヘッドに加わる外乱負荷を打ち消すように、その負荷推定信号を速度制御信号に合成して駆動信号を生成し、その駆動信号を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動すれば、ヘッドに加わる外乱負荷を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する摩擦などの外力に対する補償を行うことができ、さらに、それに直接に関連付けた状態での速度制御であるので、ロード・アンロード時にランブブロックなどのヘッド退避部材での外乱負荷の変動が大きくても、速度制御を十分に安定的に行うことができる。すなわち、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。

【0026】本願第2の発明のディスク装置は、上記の第1の発明において、前記速度負荷推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【0027】この第2の発明による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素（比較対象）となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出

力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段がランブブロックなどのヘッド退避部材で受ける外乱負荷に対応した負荷推定信号となる。その負荷推定信号に対して前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力を加算する。そして、前記駆動トルク推定信号から前記の加算値との差分をとって第2の積分手段に与える。第2の積分手段の演算途中の値を速度推定信号とすることができる。

【0028】以上の結果として、第1の積分手段が出力する負荷推定信号は、アクチュエータ手段がランブブロックなどのヘッド退避部材で受ける摩擦等による外乱負荷を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した負荷推定信号をもってヘッドに加わる外乱負荷を打ち消すようフィードバック制御を行うので、ヘッド退避部材においてアクチュエータ手段に作用する摩擦などの外力に対する補償を行うことができ、さらに、それに直接に関連付けた状態での速度制御であるので、ロード・アンロード時にヘッド退避部材での外乱負荷の変動が大きくても、速度制御を十分に安定的に行い、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。

【0029】本願第3の発明のディスク装置は、ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、速度制御信号と前記電圧信号からヘッド移動速度と前記ヘッドに加わる外乱負荷の大きさを推定し速度推定信号と負荷推定信号とを出力する速度負荷推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より前記速度制御信号を生成し出力する速度制御手段とを具備し、前記駆動信号は前記速度制御信号と前記負荷推定信号を合成して得られるように構成されている。

【0030】この第3の発明は、速度負荷推定手段が上記の第1の発明でいう駆動手段における駆動信号に代えて速度制御手段からの速度制御信号を用いるようにしたものとなっている。この第3の発明による作用は次のとおりである。速度負荷推定手段は、アクチュエータ手段を駆動するために速度制御手段から駆動手段に与える速度制御信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいてヘッド移動速度およびヘッドに加わる外乱負荷の大きさを正確に推定することができる。その推定にかかわるヘッド移動速度が速度推定信号であり、また、その推定にかかわる外乱負荷が負荷推定信号である。ここで、特に、速度制御信号と電圧信号とからヘッドに加わる外乱負荷の大きさを正確に推定できることが重要である。また、外乱負荷の大きさの推定の過程でヘッド移動速度の推定を並行して行えることも重要である。外乱負荷の大きさを正確に推定することができるの

であるが、その推定の過程で、根本となるヘッド移動速度についても正確な推定を行うことができ、ヘッド移動速度の推定に直接に関連付けて外乱負荷の大きさの推定を行うことができることが重要である。

【0031】以上のようにして正確に割り出した負荷推定信号をもってヘッドに加わる外乱負荷を打ち消すように、その負荷推定信号を速度制御信号に合成して駆動信号を生成し、その駆動信号を用いてヘッドのアクチュエータ手段を駆動すれば、ヘッドに加わる外乱負荷を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する摩擦などの外力に対する補償を行うことができ、さらに、それに直接に関連付けた状態での速度制御であるので、ロード・アンロード時にランプブロックなどのヘッド退避部材での外乱負荷の変動が大きくても、速度制御を十分に安定的に行うことができる。すなわち、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。

【0032】本願第4の発明のディスク装置は、上記の第3の発明において、前記速度負荷推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記制御信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【0033】この第4の発明による作用は次のとおりである。速度制御信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素（比較対象）となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段がランプブロックなどのヘッド退避部材で受ける外乱負荷に対応した負荷推定信号となる。前記駆動トルク推定信号から前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力との差分をとって第2の積分手段に与える。第2の積分手段の演算途中の値を速度推定信号とすることができる。

【0034】以上の結果として、第1の積分手段が出力する負荷推定信号は、アクチュエータ手段がヘッド退避部材で受ける摩擦等による外乱負荷を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した負荷推定信号をもってヘッドに加わる外乱負荷を打ち消すようフィードバック制御を行うので、ヘッド退避部

材においてアクチュエータ手段に作用する摩擦などの外力に対する補償を行うことができ、さらに、それに直接に関連付けた状態での速度制御であるので、ロード・アンロード時にヘッド退避部材での外乱負荷の変動が大きくても、速度制御を十分に安定的に行い、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。さらに、上記の第2の発明で必要とした第1の積分手段と第2の乗算手段との加算を行う必要がなく、その加算のための手段を省略することが可能で、構成の簡素化をもたらすことができる。

【0035】本願第5の発明のディスク装置は、上記の第1～第4の発明において、前記速度負荷推定手段は、高域周波数成分を遮断する状態で前記負荷推定信号を出力するように構成されている。

【0036】この第5の発明による作用は次のとおりである。上記の第1～第4の発明においては、実際の摩擦等による外乱負荷についての負荷推定信号を2次遅れ系での推定で生成することになるが、この2次遅れ系では、その自然角周波数（推定角周波数）以下で優れた外乱負荷抑制効果をもたらす低域遮断フィルタ特性をもっている。したがって、自然角周波数およびダンピングファクタを適切に設定して高域周波数成分を遮断する状態で負荷推定信号を生成するように速度負荷推定手段を構成すれば、非常に優れた外乱負荷抑制効果を発揮させることができる。

【0037】本願第6の発明のディスク装置は、ディスクに対するヘッドのロード・アンロードを行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号からヘッド移動速度を推定し速度推定信号を出力する速度推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より速度制御信号を生成しこの速度制御信号を前記駆動信号として出力する速度制御手段とを具備している。

【0038】この第6の発明による作用は次のとおりである。上記の各発明においては、ランプブロックなどのヘッド退避部材における摩擦等による外乱負荷を推定し、その負荷推定信号を用いて外乱負荷を打ち消すように制御したが、ヘッド退避部材における外乱負荷の変動が小さい場合には、速度推定信号のみで速度制御を十分に安定的に行い、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。この場合に、速度制御信号に負荷推定信号を合成するための手段を不要化でき、ディスク装置の構成を簡素化することができる。

【0039】本願第7の発明のディスク装置は、上記の第6の発明において、前記速度推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算

10

20

30

40

50

手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【0040】この第7の発明による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素（比較対象）となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段がランプブロックなどのヘッド退避部材で受ける外乱負荷に対応した負荷推定信号となる。ただし、この負荷推定信号はアクチュエータ手段に対する駆動信号へのフィードバックとしては用いない。その負荷推定信号に対して前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力を加算する。そして、前記駆動トルク推定信号から前記の加算値との差分をとって第2の積分手段に与える。第2の積分手段の演算途中の値を速度推定信号とすることができる。

【0041】以上の結果として、第1の積分手段が出力する負荷推定信号については、これを直接にはアクチュエータ手段に対するフィードバック制御には用いないが、負荷推定信号を加味した状態で速度推定信号を生成しており、その加味された負荷推定信号は実際にランプブロックなどのヘッド退避部材で受ける摩擦等による外乱負荷を正確に推定したものに相当している。その結果として、ロード・アンロード時にヘッド退避部材上の外乱負荷の変動が小さいときには、速度推定信号のみで速度制御を十分に安定的に行い、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。

【0042】本願第8の発明のディスク装置は、ディスクに対してヘッドの移動を行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号からヘッド移動速度と前記ヘッドに加わる外乱負荷の大きさを推定し速度推定信号と負荷推定信号とを出力する速度負荷推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より速度制御信号を生成し出力する速度制御手段と、前記ヘッドにより検出され前記ディスクに予め記録されているサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記速度制御信号と前記位置制

御信号とが入力され切換指令に応じていずれかの制御信号が選択され出力される選択手段とを具備し、前記駆動信号は前記選択手段の出力する前記制御信号と前記負荷推定信号を合成して得られるように構成されている。

【0043】この第8の発明は、上記の第1の発明に、さらに、目標トラックへのヘッドの高精度位置決め機能を追加したものに相当している。この第8の発明による作用は次のとおりである。第1の発明のようにして、ヘッドがランプブロックなどのヘッド退避部材からディスクにロードされた後の切換指令によって、目標トラックへのヘッドの位置決め動作に移る。なお、必ずしも、ヘッドはヘッド退避部材からディスクへのロード・アンロード動作を行う必要性はなく、ディスク上の待避領域からのシーク動作を行うものであってもよい。選択手段は、位置制御手段からの位置制御信号の入力に切り換える。速度負荷推定手段は、アクチュエータ手段を駆動するための駆動手段に与える駆動信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力等の外乱負荷の大きさや磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力を正確に推定することができる。その推定にかかわる外乱負荷が負荷推定信号である。ここで、特に、目標トラックにヘッドを追従させるフォローイング動作時において駆動信号と電圧信号とからアクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷の大きさを正確に推定できることが重要である。

【0044】以上のようにして正確に割り出した負荷推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱負荷を打ち消すように、その負荷推定信号を選択手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成し、その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動すれば、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力などの外乱負荷を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力などの外力に対する補償を行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時に軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を十分に安定的に行うことができる。すなわち、位置決め精度を向上させることができる。

【0045】本願第9の発明のディスク装置は、上記の第8の発明において、前記速度負荷推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を

減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【0046】この第9の発明による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素（比較対象）となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段が軸受から受ける摩擦やフレキシブルプリント基板から受ける弾性力や慣性力等の外乱負荷に対応した負荷推定信号となる。その負荷推定信号に対して前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力を加算する。そして、前記駆動トルク推定信号から前記の加算値との差分をとって第2の積分手段に与える。

【0047】以上の結果として、第1の積分手段が出力する負荷推定信号は、アクチュエータ手段が軸受やフレキシブルプリント基板から受ける外乱負荷を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した負荷推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱負荷を打ち消すようフィードバック制御を行うので、フォローイング動作においてアクチュエータ手段に作用する外力に対する補償を行うことができ、フォローイング動作時にアクチュエータ手段での外乱負荷の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を十分に安定的に行い、位置決め精度を向上させることができる。

【0048】本願第10の発明のディスク装置は、ディスクに対してヘッドの移動を行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、速度指令信号と速度推定信号より速度制御信号を生成し出力する速度制御手段と、前記ヘッドにより検出され前記ディスクのサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記誤差信号に対応した位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記速度制御信号と前記位置制御信号とが入力され切換指令に応じていずれかの制御信号が選択され出力される選択手段と、前記電圧信号と前記選択手段の出力する制御信号からヘッド移動速度と前記ヘッドに加わる外乱負荷の大きさを推定し前記速度推定信号と負荷推定信号とを出力する速度負荷推定手段とを具備し、前記駆動信号は前記選択手段の出力する制御信号と前記負荷推定信号を合成して得られるように構成されている。

【0049】この第10の発明は、上記の第3の発明

に、さらに、目標トラックへのヘッドの高精度位置決め機能を追加したものに相当している。この第10の発明による作用は次のとおりである。第3の発明のようにして、ヘッドがランプブロックなどのヘッド退避部材からディスクにロードされた後の切換指令によって、目標トラックへのヘッドの位置決め動作に移る。なお、必ずしも、ヘッドはヘッド退避部材からディスクへのロード・アンロード動作を行う必要性はなく、ディスク上の待避領域からのシーク動作を行うものであってもよい。選択手段は、位置制御手段からの位置制御信号の入力に切り換える。速度負荷推定手段は、アクチュエータ手段を駆動するため駆動手段に与えるよう選択手段から出力された位置制御信号とアクチュエータ手段から検出した電圧信号とに基づいて、アクチュエータ手段の軸受摩擦やアクチュエータ手段と電子回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力や慣性力等の外乱負荷の大きさを正確に推定することができる。その推定にかかわる外乱負荷が負荷推定信号である。ここで、特に、目標トラックにヘッドを追従させるフォローイング動作時において位置制御信号と電圧信号とからアクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷の大きさを正確に推定できることが重要である。

【0050】以上のようにして正確に割り出した負荷推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱負荷を打ち消すように、その負荷推定信号を選択手段が出力する位置制御信号に合成して駆動信号を生成し、その駆動信号をもってヘッドのアクチュエータ手段を駆動すれば、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷を良好に打ち消すことができる。すなわち、アクチュエータ手段に作用する軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外力に対する補償を行うことができるので、目標トラックに向かうフォローイング動作時に軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷の変動が大きくても、ヘッドの目標トラックへの位置決め制御を十分に安定的に行うことができる。すなわち、位置決め精度を向上させることができる。

【0051】本願第11の発明のディスク装置は、上記の第10の発明において、前記速度負荷推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記制御信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を前記第2の乗算手段と前記第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【0052】この第11の発明による作用は次のとおりである。選択手段からの制御信号を入力する第1の乗算

10

20

30

40

50

手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素(比較対象)となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段が軸受から受ける摩擦やフレキシブルプリント基板から受ける弾性力や慣性力等の外乱負荷に対応した負荷推定信号となる。前記駆動トルク推定信号から前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力との差分をとって第2の積分手段に与える。第2の積分手段の演算途中の値を速度推定信号とすることができる。

【0053】以上の結果として、第1の積分手段が出力する負荷推定信号は、アクチュエータ手段が軸受やフレキシブルプリント基板から受ける外乱負荷を正確に推定したものに相当している。そして、このように正確に割り出した負荷推定信号をもってアクチュエータ手段に加わる外乱負荷を打ち消すようフィードバック制御を行うので、フォローイング動作においてアクチュエータ手段に作用する外力に対する補償を行うことができ、フォローイング動作時にアクチュエータ手段での外乱負荷の変動が大きくても、目標トラックに対するヘッドの位置決め制御を十分に安定的に行い、位置決め精度を向上させることができる。さらに、上記の第9の発明で必要とした第1の積分手段と第2の乗算手段との加算を行う必要がなく、その加算のための手段を省略することが可能で、構成の簡素化をもたらすことができる。

【0054】本願第12の発明のディスク装置は、上記の第8～第11の発明において、前記位置制御手段は、前記位置検出手段が出力する前記誤差信号と前記速度負荷推定手段が出力する前記速度推定信号とに基づいて前記位置制御信号を生成するように構成されている。

【0055】この第12の発明による作用は次のとおりである。PID(比例微分積分)制御のように微分処理を伴うときには、ヘッド位置についての誤差信号に微分を行うと次のような問題が生じる場合がある。すなわち、誤差信号のもとになるサーボ情報は一定のサンプリング周期をもつ離散的な状態でディスクに記録されている。すなわち、連続信号ではない。この不連続な誤差信号の微分処理は、現時点のサンプリングタイミングでの誤差信号値と前回のサンプリングタイミングでの誤差信号値との差分をサンプリング周期で除算することにより行う。そのため、微分処理の結果の値にはノイズの影響が入り込む可能性があり、ヘッドを目標トラックまで移動させるシークモードから目標トラックに追従させるフォローイングモードに切り換える時点で大きな誤信号を発生するおそれがある。そうすると、フォローイング動作に誤動作が生じたり、あるいはデータを読み取るまで

のアクセス時間が長くなってしまう。

【0056】そこで、この第12の発明においては、誤差信号を微分処理することに代えて、速度推定信号を用いることとしている。すなわち、これは、位置の微分が速度になることを利用している。速度負荷推定手段が出力する速度推定信号は連続信号であり、ノイズの影響を受けにくく、また、ディスク装置のセクタサンプリング周期に依存しないため、フォローイング動作において誤動作を生じにくく、また、データを読み取るまでのアクセス時間を短縮することができる。

【0057】本願第13の発明のディスク装置は、上記の第8～第12の発明において、前記速度負荷推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段または前記速度制御手段の制御帯域よりも大きく設定されている。

【0058】この第13の発明による作用は次のとおりである。位置決め制御系の制御帯域を広げることは比例のゲインを大きくすることであるが、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数やアクチュエータ手段がもつ固有機械共振周波数によって上限が存在することになる。これに対して、速度負荷推定手段ではディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、速度負荷推定手段においては、その制御帯域を位置決め制御系または速度制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。その結果として、より高い制御帯域にわたって、ヘッドを目標トラックに対して正確に追従させることができる。

【0059】本願第14の発明のディスク装置は、ディスクに対してヘッドの移動を行うアクチュエータ手段と、前記アクチュエータ手段の駆動手段と、前記アクチュエータ手段の駆動において発生する電圧を検出し電圧信号を出力する電圧検出手段と、前記駆動手段における駆動信号と前記電圧信号からヘッド移動速度を推定し速度推定信号を出力する速度推定手段と、速度指令信号と前記速度推定信号より速度制御信号を生成し出力する速度制御手段と、前記ヘッドにより検出され前記ディスクのサーボ情報から前記ヘッドの現在位置に対応した誤差信号を生成し出力する位置検出手段と、前記位置検出手段の出力する誤差信号と前記速度推定手段の出力する速度推定信号より位置制御信号を生成し出力する位置制御手段と、前記速度制御信号と前記位置制御信号とが入力され切換指令に応じていずれかの制御信号が選択され出力される選択手段を具備している。

【0060】この第14の発明は、負荷推定信号を用いないことに特徴がある。この第14の発明による作用は次のとおりである。上記の各発明においては、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦やフレキシブルプリント基板の弾性力や慣性力等の外乱負荷を推定し、その負荷推定信号を用いて外乱負荷を打ち消すように制御したが、軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷の変動が小さい場合には、速度推定信号のみでシーク時におけるヘッ

ドの速度制御や、フォローイング時におけるヘッドの位置決め制御を行することができる。この場合に、速度制御信号に負荷推定信号を合成するための手段を不要化でき、ディスク装置の構成を簡素化することができる。

【0061】本願第15の発明のディスク装置は、上記の第14の発明において、前記速度推定手段は、前記電圧検出手段の検出した電圧信号が入力される比較手段と、前記駆動信号に第1の係数を乗算する第1の乗算手段と、前記比較手段の出力に第2の係数を乗算する第2の乗算手段と、前記比較手段の出力を積分する第1の積分手段と、前記第1の乗算手段の出力から前記第2の乗算手段の出力と前記第1の積分手段の出力との加算値を減算した値を積分する第2の積分手段とを具備し、前記比較手段が前記電圧信号と前記第2の積分手段の出力とを比較し、その結果を第2の乗算手段と第1の積分手段へ出力するように構成されている。

【0062】この第15の発明による作用は次のとおりである。駆動信号を入力する第1の乗算手段の出力は、アクチュエータ手段に作用する駆動トルクに対応した駆動トルク推定信号となる。第2の積分手段の出力は、電圧検出手段から入力される電圧信号に対するフィードバック要素（比較対象）となる。電圧信号と第2の積分手段からのフィードバック要素との差分をとる比較手段の出力は、第1の積分手段と第2の乗算手段に与えられる。前記の差分を積分する第1の積分手段の出力は、アクチュエータ手段がうける軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷に対応した負荷推定信号となる。ただし、この負荷推定信号はアクチュエータ手段に対する駆動信号へのフィードバックとしては用いない。その負荷推定信号に対して前記の差分に所定の係数を乗算した第2の乗算手段の出力を加算する。そして、前記駆動トルク推定信号から前記の加算値との差分をとって第2の積分手段に与える。第2の積分手段の演算途中の値を速度推定信号とすることができる。

【0063】以上の結果として、第1の積分手段が出力する負荷推定信号については、これを直接にはアクチュエータ手段に対するフィードバック制御には用いないが、負荷推定信号を加味した状態で速度推定信号を生成しており、その加味された負荷推定信号は実際に受ける軸受摩擦や弾性力や慣性力などの外乱負荷を正確に推定したものに相当している。その結果として、シーク時やフォローイング動作時に外乱負荷の変動が小さいときには、速度推定信号のみで速度制御および位置決め制御を十分に安定的に行い、位置決め精度を向上させることができる。

【0064】本願第16の発明のディスク装置は、上記の第15の発明において、前記速度推定手段の制御帯域が、前記位置制御手段または前記速度制御手段の制御帯域よりも大きく設定されている。

【0065】この第16の発明による作用は次のとおり

である。位置決め制御系の制御帯域を広げることは比例のゲインを大きくすることであるが、ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数やアクチュエータ手段がもつ固有機械共振周波数によって上限が存在することになる。これに対して、速度推定手段ではディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、速度推定手段においては、その制御帯域を位置決め制御系または速度制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。その結果として、より高い制御帯域にわたって、ヘッドを目標トラックに対する正確に追従させることができる。

【0066】（具体的な実施の形態）以下、本発明にかかわるディスク装置の具体的な実施の形態を図面に基いて詳細に説明する。なお、同様の機能を有するものには同一の符号を付けて説明する。

【0067】（実施の形態1）図1は本発明の実施の形態1にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。

【0068】図1において、符号の1は磁気ディスクで、スピンドルモータ（図示せず）により回転される。2は磁気ディスク1に対してデータを記録再生する磁気ヘッド、3はヘッドアームで、一端に搭載された磁気ヘッド2を軸受4の周りに回動させることにより、磁気ヘッド2を磁気ディスク1における目標トラックへ移動させる。5はヘッドアーム3の後端に設けられた駆動コイル、6は固定子で、駆動コイル5に対向する面にはマグネット（図示せず）が配置されている。固定子6に配置されたマグネットが発生する磁束と駆動コイル5に通電される電流が作る磁界との相互作用によりヘッドアーム3は回転力を受ける。7は磁気ディスク1の占有領域の外側に配置されたヘッド退避部材としてのランプブロック、8はヘッドアーム3の先端部に設けられたサスペンションタブで、ランプブロック7におけるランプ上にはタブ保持面が形成されていて、ヘッドアーム3の回動に応じてサスペンションタブ8と摺動する。磁気ヘッド2、ヘッドアーム3、軸受4、駆動コイル5、固定子6、ランプブロック7、サスペンションタブ8によりアクチュエータ9を構成している。

【0069】10は駆動器、11は駆動器10に含まれる電圧検出器で、駆動コイル5の両端に発生する電圧を検出し、電圧信号Vaを出力する。12は速度負荷推定器で、電圧検出器11の出力する電圧信号Vaと駆動器10の入力である駆動信号uとからヘッドアーム3の移動速度とヘッドアーム3に作用する負荷トルクとを推定し、速度推定信号vestと負荷推定信号τdestとを出力する。13は比較器で、速度指令信号vr（一定値）と速度推定信号vestとの誤差信号eを出力する。14は速度制御器で、比較器13で得られた誤差信号eをもとに増幅および位相補償を行った後、速度制御信号cを出力する。15は補正器で、速度制御器14の速度制御信

号cと速度負荷推定器12の負荷推定信号 τ_{dest} とが入力され、補正器15で補正演算を施した後、駆動信号uを駆動器10へ入力する。駆動器10は、入力された駆動信号uに応じて駆動コイル5に駆動電流Iaを通電し、ヘッドアーム3を軸受4を中心に回転させ、ヘッドアーム3の先端に取り付けられた磁気ヘッド2を回転移動させる。ヘッドアーム3を磁気ディスク1の外周側に回転させたときに、ヘッドアーム3のサスペンションタブ8をランプブロック7のタブ保持面に載せることにより、ヘッドスライダをアンロードさせるように構成している。

【0070】ここで、特許請求の範囲の記載との対照を行うと、駆動器10が駆動手段に相当し、電圧検出器11が電圧検出手段に相当し、速度負荷推定器12が速度負荷推定手段に相当し、速度制御器14が速度制御手段に相当している。

【0071】次に、実施の形態1の磁気ディスク装置の速度制御系の動作について図2を用いて説明する。図2は、実施の形態1の磁気ディスク装置における速度制御系の全体構成を示すブロック線図である。なお、図2において、sはラプラス演算子を表すものである。

【0072】図2において、磁気ヘッド2の移動速度をvとし、そのヘッド移動速度vをブロック30で示す速度負荷推定器12が推定した結果の速度推定信号をvestとすれば、速度指令信号vrに対する誤差信号eは、

【0073】

【数1】

$$e = vr - vest$$

で表わされ、この誤差信号eは比較器13で得られる。ブロック21で表わされる速度制御器14は、誤差信号eに伝達関数Gv(s)のフィルタ処理を施し、速度制御信号cを生成して加算器46へ入力される。速度制御信号cは加算器46を経由して駆動信号uとなる。駆動信号uは、ブロック22（伝達関数はgm）の駆動器10において、電圧信号からgm倍の電流信号に変換され、駆動電流Iaを出力する。

【0074】ブロック23で表されるアクチュエータ9において、駆動コイル5に通電される駆動電流Iaは、それが作る磁界と前述した固定子6のマグネットの磁束との相互作用により伝達関数Ktで駆動トルク τ に変換される。ここで、伝達関数Ktはアクチュエータ9のトルク定数である。ブロック24の伝達関数（Lb/J・s）は、ヘッドアーム3に作用する駆動トルク τ から磁気ヘッド2の移動速度vへの伝達特性を表わす。ここで、Jはヘッドアーム3の慣性モーメントを示し、Lbはヘッドアーム3の軸受4から磁気ヘッド2までの距離を示している。

【0075】ブロック26とブロック27で表される電圧検出器11において、ブロック26はアクチュエータ9が回転することにより駆動コイル5の両端に発生する

誘起電圧Eaを出力し、ブロック27は駆動コイル5に駆動電流Iaが通電されることにより発生する電圧降下分（Ra+La・s）・Iaを出力し、加算器28でそれぞれを加算することによりアクチュエータ9の端子電圧を電圧信号Vaとして出力する。すなわち、

【0076】

【数2】

$$Va = Ea + (Ra + La \cdot s) \cdot Ia$$

の関係がある。ここで、Raは、駆動コイル5のコイル抵抗、Laは駆動コイル5のインダクタンスを示す。

【0077】ランプブロック7上のタブ保持面とサスペンションタブ8との摺動摩擦などのヘッドアーム3に作用する外乱負荷 τ_d は、加算器25でブロック24の前段に入力される形に表現できる。

【0078】図2の一点鎖線で囲んだ部分のブロック30は、速度負荷推定器12のブロック線図を示すもので、このブロック30は、駆動器10であるブロック22の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック32と、アクチュエータ9であるブロック23の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック33と、ブロック24の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック34と、電圧検出器11であるブロック26の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック35と、ブロック27の伝達関数と同じ伝達関数をもつブロック39を含んでいる。ブロック32とブロック33を合わせたものが第1の乗算器、ブロック44が第2の乗算器、ブロック43が第1の積分器、ブロック34とブロック35を合わせたものが第2の積分器をそれぞれ構成している。ここで、ブロック30の各定数のサフィックス“n”は公称値を示し、“est”を付した変数は推定値を示す。ここで、特許請求の範囲の記載との対照を行うと、第1の乗算器が第1の乗算手段に相当し、第2の乗算器が第2の乗算手段に相当し、第1の積分器が第1の積分手段に相当し、第2の積分器が第2の積分手段に相当し、比較器37が比較手段に相当している。

【0079】ブロック22に入力される駆動信号uは、速度負荷推定器12を構成するブロック32にも入力され、ブロック32とブロック33とで（gm・Kt）倍することによりヘッドアーム3に作用する駆動トルク τ と同一の駆動トルク推定信号 τ_{est} が得られる。

【0080】図2において、ブロック34から出力される速度推定信号vestは、磁気ヘッド2の移動速度vとして比較器13にフィードバックされる。ブロック35で、速度推定信号vestをKn倍することにより得られた誘起電圧推定信号Eaestと、アクチュエータ9に推定電流Iaestが通電されることにより発生する電圧降下分（Ran+Lan・s）・Iaestとが加算器36で加算され、加算器36からは、電圧推定信号Vaestが出力される。電圧推定信号Vaestは、比較器37に入力され、実際に検出された電圧信号Vaと比較され、その結果の誤

差信号 $\alpha (=V_a - V_{aest})$ がブロック 43 で表される第 1 の積分器とブロック 44 で表される第 2 の乗算器とに入力される。第 1 の積分器 43 は、誤差信号 α を積分し、外乱負荷についての負荷推定信号 τ_{dest} を出力する。ブロック 44 で表される第 2 の乗算器には誤差信号 α が入力され、 $g1$ 倍されて加算器 38 に加えられる。加算器 38 の出力は減算器 31 に入力され、ブロック 33 の出力する駆動トルク推定信号 τ_{est} から加算器 38 の出力を減算した結果 γ をブロック 34 に出力する。

【0081】なお、ブロック 44 の係数 $g1$ とブロック 43 の係数 $g2$ は、速度負荷推定器 12 の動作を安定化するための定数であり、その詳細については後述する。

【0082】図 2 において、一点鎖線で囲んで示したブロック 47 は、補正器 15 のブロック線図である。この補正器 15 に含まれるブロック 45 は、負荷推定信号 τ_{dest} を $1/(g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することにより、ヘッドアーム 3 に負荷推定信号 τ_{dest} に相当する大きさの駆動力を発生させるのに必要な駆動器 10 への補正信号 β を生成する。補正信号 β は加算器 47 において速度制御信号 c に加算される。

【0083】次に、ブロック 30 の速度負荷推定器 12 の動作について図 3 を参照して詳細に説明する。

【0084】図 3 (a) は、図 2 のブロック 30 を書き直したブロック線図で、駆動信号 u の入力から負荷推定信号 τ_{dest} の出力までの伝達を示す。図 3 (b) は、図 3 (a) のブロック線図において、(数 2) をもとに電圧信号 V_a の入力位置 (比較器 37) を等価的に変換移動することにより、図 3 (a) のブロック線図を変形したブロック線図である。ここで、説明を簡単にするため、図 2 のブロック 22 の g_m とブロック 32 の g_{mn} の

$$K_t = K_{tn}$$

$$R_a = R_{an}$$

$$L_a = L_{an}$$

【0091】

【数 7】

$$\frac{L_b \cdot K_v}{J} = \frac{L_{bn} \cdot K_{vn}}{J_n}$$

と仮定し、(数 5) を (数 4) に代入すると、(数 4) は、(数 8) のように変形される。

【0092】

【数 8】

$$\delta = \tau_d$$

$$\tau_{dest} = \frac{\frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_2}{s^2 + \frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_1 \cdot s + \frac{L_{bn}}{J_n} \cdot K_{vn} \cdot g_2} \cdot \tau_d$$

(数 9) から、速度負荷推定器 12 は、図 2 の一点鎖線で囲んだブロック 30 内のループによって、駆動信号 u と電圧信号 V_a とから実際の摩擦等による外乱負荷 τ_d を 2 次遅れ系で推定できることが分かる。

値とが等しく、

【0085】

【数 3】

$$g_m = g_{mn}$$

と仮定し、駆動電流 $I_a (=g_m \cdot u)$ と推定電流 $I_{aest} (=g_{mn} \cdot u)$ とが等しいものとした。

【0086】(数 2) の第 1 項と第 2 項に着目して、第 1 項の E_a は、大きさを $(J_n \cdot s) / (L_{bn} \cdot K_{vn})$ 倍すれば、図 3 (a) の比較器 37 の入力位置を図 3

(b) に示す減算器 48 の入力位置に等価的に移動することができる。また、(数 2) の第 2 項の $(R_a + L_a \cdot s) \cdot I_a$ は、図 3 (a) のブロック 39 に含めて、図 3 (b) のブロック 49 のように表現することができる。

【0087】図 3 (b) の減算器 48 に着目すると、減算器 48 の出力である δ は (数 4) のように表される。

【0088】

【数 4】

$$\delta = K_{tn} \cdot I_a - \frac{J_n \cdot s}{L_{bn} \cdot K_{vn}} \cdot E_a$$

次に、図 2 の比較器 25、ブロック 24、26 に着目すると、(数 5) の関係がある。

【0089】

【数 5】

$$E_a = \frac{L_b \cdot K_v}{J \cdot s} \cdot (K_t \cdot I_a - \tau_d)$$

ここで、簡単のために、

【0090】

【数 6】

すなわち、減算器 48 の出力である δ は、ヘッドアーム 3 に加わる外乱負荷 τ_d に等しい。

【0093】したがって、図 3 (b) のブロック線図より、ヘッドアーム 3 に加わる摩擦等による外乱負荷 τ_d から負荷推定信号 τ_{dest} までの伝達関数を求めると、(数 9) に示すようになる。

【0094】

【数 9】

【0095】ここで、2 次遅れ系の自然角周波数 (推定角周波数) を ω_0 、ダンピングファクタを ξ_0 とすれば、速度負荷推定器 12 の動作を安定化する定数 $g1$ および $g2$ はそれぞれ下記の (数 10) および (数 11) で表

される。

【0096】

【数10】

$$g1 = 2\zeta_0 \omega_0 s \cdot \frac{J_n}{L_{bn} \cdot K_{vn}}$$

【0097】

【数11】

$$g2 = \omega_0^2 \cdot \frac{J_n}{L_{bn} \cdot K_{vn}}$$

ここで、推定角周波数 ω_0 を速度制御帯域 f_c より十分高く設定し、ダンピングファクタ ζ_0 を0.7~1に選べば、速度負荷推定器12により摩擦等による外乱負荷 τ_d を正確に推定することができる。

【0098】(数9)を(数10)、(数11)を用いて変形すると、

【0099】

【数12】

$$\tau_{dest} = \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta_0 \omega_0 s + \omega_0^2} \cdot \tau_d$$

となる。すなわち、図3(a)の速度負荷推定器12のブロック線図は、図3(c)のブロック52に示すように簡略化することができる。

【0100】次に、ブロック47で示す補正器15の動作について図4を参照して詳細に説明する。

【0101】図2の一点鎖線で囲んだ部分のブロック47は、補正器15のブロック線図を示す。ブロック45は、負荷推定信号 τ_{dest} を $1/(g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍した補正信号 β を加算器46へ出力する。すなわち、負荷推定信号 τ_{dest} を $1/(g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍することにより、アクチュエータ9に負荷推定信号 τ_{dest} に相当する大きさの駆動力を発生させるに必要な補正信号 β を加算器46へ出力させる。さらにいうと、補正信号 β は、ブロック22とブロック23とにより $g_{mn} \cdot K_{tn}$ 倍されることから、大きさを合わせるために前もって、負荷推定信号 τ_{dest} を $1/(g_{mn} \cdot K_{tn})$ 倍している。

【0102】以上をまとめると、実施の形態1の磁気ディスク装置は、摩擦等による外乱負荷 τ_d を打ち消すように、負荷推定信号 τ_{dest} をアクチュエータ9に作用させるように構成されているといえることができる。

【0103】図4(a)は、図2のブロック線図において、補正器15の動作に関連する加算器46から比較器25、ブロック24までの部分を抜き出したブロック線図である。図4(b)は、比較器25に加わる外乱負荷 τ_d とブロック52に加わる外乱負荷 τ_d とを、1つの τ_d にまとめたブロック線図である。なお、図2のブロック線図と同一の機能を有するものについては同一の符号を付して重複した説明は省略する。

【0104】図4(a)のブロック線図において、ブロック52は図3(c)のブロック52に相当し、(数

9)で表わされる伝達関数を有する。

【0105】したがって、図4(b)よりヘッドアーム3に外部から加わる摩擦等による外乱負荷 τ_d は、(数13)の伝達関数で表されるフィルタを通して速度制御系に加わるものと考えることができる。

【0106】

【数13】

$$G_d(s) = 1 - \frac{\omega_0^2}{s^2 + 2\zeta_0 \omega_0 s + \omega_0^2} \\ = \frac{s^2 + 2\zeta_0 \omega_0 s}{s^2 + 2\zeta_0 \omega_0 s + \omega_0^2}$$

図5は、(数13)で表される伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性を折れ線近似で示したものである。図5に示す伝達関数 $G_d(s)$ の周波数特性から角周波数 ω_0 より低い角周波数では、ゲインは0dB以下であり、角周波数 ω の下降に伴って、 -20dB/dec (ディケード)の減衰比で減衰している。decは10倍を意味する。すなわち、伝達関数 $G_d(s)$ は、図5より、角周波数 ω_0 より低い周波数を抑制することができる低域遮断フィルタ特性を有している。

【0107】すなわち、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置は、ヘッドアーム3に摩擦等による外乱負荷 τ_d が作用しても、この外乱負荷 τ_d を速度負荷推定器12により推定し、負荷推定信号 τ_{dest} でもって外部から加わった外乱負荷 τ_d を打ち消すように制御するように構成されている。したがって、外部から加わった外乱負荷 τ_d が、あたかも(数13)および図5の遮断周波数特性を有するフィルタを通して速度制御系に加わったように作用する。したがって、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置では角周波数 ω_0 以下の周波数においては、1次の低域遮断特性で摩擦等による外乱負荷を抑制することができる。

【0108】図6は、本発明の実施の形態1の磁気ディスク装置の速度負荷推定器12の外乱負荷抑制効果について、さらに詳しく説明するための時間応答波形図である。図6(a)は、ヘッドアーム3に図5に示すようなステップ状の外乱負荷 τ_d が加わったときに、速度負荷推定器12が出力する負荷推定信号 τ_{dest} の波形55を示す。

【0109】ここで、(数10)および(数11)の制御パラメータを決定する推定周波数 f_0 ($\omega_0 = 2\pi f_0$)とダンピングファクタ ζ_0 の値をそれぞれ、3kHzおよび1に選び、速度制御系の制御帯域を300Hzに設定してシミュレーションを行った。図6(b)は、速度負荷推定器12の出力する負荷推定信号 τ_{dest} を補正器15に入力しない場合のヘッド移動速度 v のシミュレーション結果を示す。

【0110】図6(b)の点線で示した直線56は速度

指令信号 v_r を示し、実線 57 はヘッド移動速度 v の時間波形を示す。ステップ状の外乱負荷の変動が発生した時点でヘッド移動速度 v は大きく変動する。

【0111】図 6 (c) は、速度負荷推定器 12 の出力する負荷推定信号 τ_{dest} を補正器 15 に入力して外乱負荷の変動を打ち消すように負荷推定信号 τ_{dest} をアクチュエータ 9 に作用させた場合のヘッド移動速度 v のシミュレーション結果を示す。図 6 (c) の点線で示した直線 58 は速度指令信号 v_r を示し、実線 59 はヘッド移動速度 v の時間波形を示す。ステップ状の外乱負荷の変動が加わっても、ヘッド移動速度 v はほとんど変動せず、図 6 (b) の場合と比較して外乱負荷抑制効果が大幅に改善されている。

【0112】その結果、本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置は、速度負荷推定器によりヘッドの移動速度とともに摩擦等による外乱負荷の大きさを正確に検出することができ、ランプブロック上の外乱負荷の変動が大きくても、安定な速度制御が可能で、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。

【0113】なお、上述した本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置では、速度負荷推定器 12 に対する一方の入力信号としてブロック 47 から出力される駆動信号 u を入力するように構成したが、駆動信号 u の代わりにブロック 22 から出力されるものの駆動器の出力する駆動電流 I_a を用いても同様の効果を得ることができることはいうまでもない。

【0114】(実施の形態 2) 図 7 は本発明の実施の形態 2 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。図 8 は、実施の形態 2 の磁気ディスク装置における制御系の全体構成を示すブロック線図である。なお、前述の実施の形態 1 と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

【0115】図 7 に示す実施の形態 2 の磁気ディスク装置において、図 1 の実施の形態 1 と異なるところは、速度負荷推定器に入力される信号である。すなわち、図 1 の実施の形態 1 では、電圧検出器 11 の生成する電圧信号 V_a と駆動信号 u とが速度負荷推定器 12 へ入力される構成であったが、図 7 の実施の形態 2 では、電圧検出器 11 の生成する電圧信号 V_a と速度制御器 14 の生成する速度制御信号 c とが速度負荷推定器 60 に入力されるように構成されている。

【0116】図 7 の速度負荷推定器 60 で生成された負荷推定信号 τ_{dest} は、補正器 15 に入力されている。補正器 15 は、速度制御器 14 の出力する速度制御信号 c と速度負荷推定器 60 の負荷推定信号 τ_{dest} とが入力され、補正器 15 で補正演算を施した後、駆動信号 u を駆動器 10 へ出力する。

【0117】図 8 の一点鎖線で囲んだ部分のブロック 61 が速度負荷推定器 60 のブロック線図である。速度負

荷推定器 60 には、加算器 28 の出力である電圧検出器 11 の生成する電圧信号 V_a とブロック 21 で表される速度制御器 14 の生成する速度制御信号 c とが入力される。

【0118】前述の実施の形態 1 の速度負荷推定器 12 では、次のようにしていた。第 1 の積分器のブロック 43 の係数 (g_2/s) を乗算して得られた信号と第 2 の乗算器のブロック 44 の係数 (g_1) を乗算して得られた信号とを加算器 38 で加算する。その加算結果で得られた信号と、第 1 の乗算器のブロック 41 の係数 ($g_{mn} \cdot K_{tn}$) を乗算して得られた駆動トルク推定信号 τ_{est} とが減算器 31 に入力される。減算器 31 で減算して得られた信号 γ を第 2 の積分器のブロック 42 に入力していた。すなわち、補正信号 β が加算された駆動信号 u を速度負荷推定器 12 に入力しているために、図 2 の加算器 38 を必要としていた。

【0119】しかし、実施の形態 2 の速度負荷推定器 60 では、補正信号 β が加算される前の速度制御信号 c を入力する構成であるため、図 2 に示すような加算器 38 は不要である。

【0120】なお、図 8 において、ブロック 32 とブロック 33 を合わせたブロック 41 が第 1 の乗算器、ブロック 44 が第 2 の乗算器を構成し、ブロック 43 が第 1 の積分器、ブロック 34 とブロック 35 を合わせたブロック 42 が第 2 の積分器を構成している。

【0121】このように構成された実施の形態 2 の磁気ディスク装置における速度負荷推定器 60 の動作について、前述の実施の形態 1 の速度負荷推定器 12 の動作と比較して図 2 および図 8 を参照しつつ説明する。

【0122】まず、図 2 において、実施の形態 1 の速度負荷推定器 12 を構成する第 2 の積分器 42 の入力を γ とすれば、信号 γ は、減算器 31 に着目して、

【0123】

【数 14】

$$\begin{aligned} \gamma &= \tau_{est} - (\tau_{dest} + g_1 \cdot \alpha) \\ &= g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot u - (\tau_{dest} + g_1 \cdot \alpha) \end{aligned}$$

ところが、駆動信号 u は、図 2 の加算器 46 に着目して (数 15) で表わされる。

【0124】

【数 15】

$$\begin{aligned} u &= c + \beta \\ &= c + \frac{1}{g_{mn} \cdot K_{tn}} \cdot \tau_{dest} \end{aligned}$$

したがって、(数 14) および (数 15) より、信号 γ は、(数 16) で表わすことができる。

【0125】

【数 16】

$$\gamma = g_{mn} \cdot K_{tn} \cdot c - g_1 \cdot \alpha$$

(数 16) をもとにして、図 2 に示す実施の形態 1 の速度負荷推定器 12 のブロック線図 30 を書き換えると、図 8 に示す速度負荷推定器 60 のブロック線図 61 のようになる。図 8 に示すように、速度制御器 14 (ブロック 21) の生成する速度制御信号 c がブロック 32 の乗算器に入力され、ブロック 32 の出力はブロック 33 の乗算器に入力されている。このため、速度制御信号 c に係数 ($g_{mn} \cdot K_{tn}$) を乗算することにより駆動トルク推定信号 τ_{est} を求めることができる。

【0126】一方、負荷推定信号 τ_{dest} は、ブロック 47 で表される補正器 15 に入力される。したがって、前述の実施の形態 1 と同様に実施の形態 2 の磁気ディスク装置は、速度負荷推定器 60 の働きにより、電圧検出器 11 の生成する電圧信号 V_a と速度制御器 14 の生成する速度制御信号 c とからヘッド 2 の移動速度 v とヘッドアーム 3 に作用する摩擦等による外乱負荷 τ_d とを推定し速度推定信号 v_{est} と負荷推定信号 τ_{dest} とを出力する。速度推定信号 v_{est} は、磁気ヘッド 2 のロード・アンロード速度制御を行うために比較器 13 を介して速度制御器 14 へフィードバックされる。また、負荷推定信号 τ_{dest} は、ランプブロック 7 上のタブ保持面とサスペンションタブ 8 との摺動摩擦などのヘッドアーム 3 に作用する外乱負荷 τ_d を打ち消すように補正器 15 に入力される。その結果、実施の形態 2 の磁気ディスク装置は、ヘッドの移動速度 v および摩擦等による外乱負荷 τ_d を正確に検出することができ、ランプブロック上の外乱負荷の変動が大きくても、安定な速度制御を実現することができる。

【0127】このように、実施の形態 2 の磁気ディスク装置によれば、速度負荷推定器 60 と補正器 15 の構成に必要な加算器の数を実施の形態 1 の磁気ディスク装置に比べて削減することができる。したがって、実施の形態 2 の磁気ディスク装置は、実施の形態 1 と比べて、より簡単な構成でヘッドの移動速度 v と速度制御系に外乱として作用する摩擦等による外乱負荷 τ_d とを推定することが可能となり、ヘッドのロード・アンロード速度制御を安定に行うことができる。

【0128】さらに、実施の形態 2 の磁気ディスク装置においては、加算器の数を削減したことにより、速度制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、速度制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能である。

【0129】なお、上述した本発明の実施の形態 1 および実施の形態 2 の磁気ディスク装置では、速度負荷推定器 12 により生成された負荷推定信号 τ_{dest} を用いて、アクチュエータに実際に作用する摩擦等による外乱負荷 τ_d を打ち消すように構成したが、ランプブロックでの外乱負荷の変動が小さい場合には、速度負荷推定器 12 の生成する速度推定信号 v_{est} のみをヘッドの速度制御

に用いて、負荷推定信号 τ_{dest} は用いないように構成してもよい。この場合には、補正器 15 が不要となり磁気ディスク装置の構成が簡単になる。

【0130】(実施の形態 3) 図 9 は本発明の実施の形態 3 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。なお、前述の実施の形態 1 と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

【0131】図 9 に示す実施の形態 3 の磁気ディスク装置において、図 1 の実施の形態 1 と異なるところは、以下の点である。図 1 の実施の形態 1 では、磁気ヘッド 2 のロード・アンロード時にヘッドの移動速度を安定に制御させるだけであつたが、図 9 に示す本発明の実施の形態 3 では、磁気ディスク 1 上に磁気ヘッド 2 を滑らかにローディングさせた後、磁気ディスク 1 にデータを記録再生するために、磁気ヘッド 2 を狭いトラックピッチで形成された目標トラックに高い精度で位置決めさせるように構成されている。

【0132】図 9 に示す実施の形態 3 の磁気ディスク装置は、磁気ヘッド 2 の位置を検出する位置検出器 70、位置制御信号 c_x を生成する位置制御器 71 および切換器 72 を有している。切換器 72 は、入力端子 73 に入力されるロード・アンロード指令とフォローイング指令との切換指令に応じて速度制御器 14 の生成する速度制御信号 c_v と位置制御器 71 の生成する位置制御信号 c_x のうちどちらかを選択して補正器 15 へ制御信号 c' を出力する。ここで、特許請求の範囲の記載との対照を行うと、位置検出器 70 が位置検出手段に相当し、位置制御器 71 が位置制御手段に相当し、切換器 72 が選択手段に相当している。

【0133】磁気ディスク 1 の各セクタには予めサーボ情報としてトラックの位置信号が記録されており、この位置信号は磁気ヘッド 2 により読み込まれる。位置検出器 70 は、磁気ヘッド 2 により読み込まれた位置信号により磁気ヘッド 2 の現在位置を検出し、目標トラックの目標位置との差を示す位置誤差信号 ε を生成する。位置制御器 71 は、位置検出器 70 で生成された位置誤差信号 ε が入力されて、増幅および位相補償が行われ、位置制御信号 c_x を生成し、切換器 72 に出力する。

【0134】速度負荷推定器 12 には、電圧検出器 11 の生成する電圧信号 V_a と駆動信号 u とが入力されている。速度負荷推定器 12 の出力する速度推定信号 v_{est} は、図 1 の実施の形態 1 と同様に比較器 13 へ入力され、速度指令信号 v_r と速度推定信号 v_{est} との速度誤差信号 e を速度制御器 14 へ出力する。速度制御器 14 は、比較器 13 で生成された速度誤差信号 e が入力されて、増幅および位相補償が行われ、速度制御信号 c_v を生成し、切換器 72 へ出力する。速度負荷推定器 12 で生成された負荷推定信号 τ_{dest} は、補正器 15 へ入力されている。補正器 15 には、切換器 72 の出力する制御

信号 c' と速度負荷推定器 12 の負荷推定信号 τ_{dest} とが入力され、補正器 15 で補正演算を施した後、駆動信号 u を駆動器 10 へ出力する。駆動器 10 は、入力された駆動信号 u に応じて駆動コイル 5 に駆動電流 I_a を通電し、ヘッドアーム 3 を軸受 4 の周りに回転させる。この結果、切換器 72 の入力端子 73 に切換指令としてロード・アンロード指令が入力されると、切換器 72 のスイッチ 74 は端子 a 側に接続され、前述の実施の形態 1 と同様に磁気ヘッド 2 を磁気ディスク 1 上の目標トラックまで滑らかな速度で移動させる。また、磁気ヘッド 2 を磁気ディスク 1 からランブブロック 7 へ滑らかに退避させることができる。また、切換器 72 の入力端子 73 に切換指令としてフォローイング指令が入力されると、切換器 72 のスイッチ 74 は端子 b 側に接続され、磁気ヘッド 2 は目標トラックに位置決め制御される。

【0135】上記のようにスイッチ 74 が端子 b 側に接続されることにより磁気ヘッド 2 の位置決め制御系が構成された磁気ディスク装置において、外部から加えられる外乱負荷 τ_d によって生じる目標トラックに対する位置ずれは、速度負荷推定器 12 によって生成された推定負荷信号 τ_{dest} により打ち消すように構成されている。

【0136】本実施の形態 3 の磁気ディスク装置は、切換器 72 に対する切換指令に応じて磁気ヘッドの移動速度制御と目標トラックへの位置決め制御との全く異なる制御を切り換えることができるので、磁気ヘッドのロード・アンロードにおける速度制御だけでなく、目標トラックへ磁気ヘッドを移動させるときのシーク速度制御についても、これを速度負荷推定器 12 によって司ることも可能となっている。すなわち、従来、シーク動作のときには磁気ディスクに予め記録されているサーボ情報から磁気ヘッドの移動速度を検出し、得られた速度信号を磁気ヘッドの速度制御に用いていた。これに対して、本発明の実施の形態 3 の磁気ディスク装置によれば、速度負荷推定器により磁気ヘッドの速度を推定することができるので、磁気ディスクに記録されたサーボ情報を磁気ヘッドで再生することなく、シーク速度制御を行うことができる。なお、説明が前後するが、先に説明した実施の形態 1 でも実施の形態 2 においても、このサーボ情報再生なしのシーク速度制御については同様のことがいえる。後述する実施の形態 4、5 においても同様である。

【0137】シーク動作に引き続いて、以下に説明するフォローイング動作に移る。実施の形態 3 の磁気ディスク装置において、スイッチ 74 が端子 b 側に接続された場合の位置決め制御系の動作について図 10 を用いて説明する。図 10 は、位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図である。図中の一点鎖線で囲んだ部分 30 が速度負荷推定器 12 のブロックであり、図 2 のブロック 30 と同じブロック線図である。同じく一点鎖線で囲んだ部分 47 が補正器 15 のブロックである。なお、図 10 において、 s はラプラス演算子を表すものである。ま

た、図 10 において、セクタサーボのサンプリングによる時間遅れ要素については、説明を簡単にするため、これを省略してある。

【0138】図 10 において、磁気ヘッド 2 の検出した現在トラック位置を x とすれば、目標トラック位置 r に対する位置誤差 ε は、(数 17) で表され、この位置誤差信号 ε は比較器 75 で得られる。

【0139】

【数 17】

$$\varepsilon = r - x$$

図 10 のブロック 76 で表される位置制御器 71 は、比較器 75 から出力される位置誤差信号 ε に伝達関数 $G_x(s)$ のフィルタ処理を施し、位置制御信号 c_x を生成して、制御信号 c' ($= c_x$) としてブロック 47 で表される補正器 15 へ出力される。位置決め制御系は、通常の PID 制御が施され、位置制御器 71 の伝達関数は、(数 18) で表現できる。

【0140】

【数 18】

$$G_x(s) = K_x \left(1 + T_d \cdot s + \frac{1}{T_i \cdot s} \right)$$

ここで、 K_x は位置決め制御系の比例ゲイン、 T_d は微分時定数、 T_i は積分時定数である。位置決め制御系の制御帯域を広げることは、比例ゲイン K_x を大きくすることであるが、これは、磁気ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数やアクチュエータ機構の持つ固有機械共振周波数により上限がある。それに対して、図 2 のブロック 30 と同じように構成された速度負荷推定器 12 においては磁気ディスク装置のセクタサーボのサンプリング周波数の影響を受けない。したがって、速度負荷推定器 12 の制御帯域は、位置決め制御系の制御帯域よりも高く設定することができる。

【0141】ブロック 22 の駆動器 10 で、駆動信号 u は g_m 倍の電流信号に変換され、駆動電流 I_a を出力する。ブロック 23 で表されるアクチュエータ 9 において、駆動コイル 5 に通電される駆動電流 I_a は、それが作る磁界と前述した固定子 6 のマグネットの磁束との相互作用により伝達関数 K_t で駆動トルク τ に変換される。ここで、伝達関数 K_t はアクチュエータ 9 のトルク定数である。ブロック 24 の伝達関数 ($L_b / J \cdot s$) は、ヘッドアーム 3 に作用する駆動トルク τ から磁気ヘッド 2 の移動速度 v への伝達特性を表わす。ここで、 J はヘッドアーム 3 の慣性モーメントを示し、 L_b はヘッドアーム 3 の軸受 4 から磁気ヘッド 2 までの距離を示している。ブロック 77 は積分器で、伝達関数は $1/s$ で表され、磁気ヘッド 2 の移動速度 v を現在トラック位置 x に変換される。

【0142】磁気ディスク装置の回転自在のアクチュエータ 9 は、アクチュエータ 9 に搭載された駆動コイル 5 に駆動電流を供給し磁気ヘッド 2 に電気信号を伝えるた

めに、フレキシブルプリント基板などで磁気ディスク装置内に固定された電子回路基板と結線されている。その結果、磁気ディスク装置のアクチュエータ 9 は、軸受 4 の軸受摩擦以外に、回転に応じてフレキシブルプリント基板の弾性力などの外乱負荷 τd の影響を受ける。ブロック 78 はこの外乱負荷 τd の弾性係数 K を示し、ブロック 79 は粘性抵抗係数 D を示している。外乱負荷 τd のうち弾性係数 K の影響は磁気ヘッド 2 の位置 x に比例するので、ブロック 78 への入力位置 x において比較器 25 へ出力される形に表現される。同様に外乱負荷 τd のうち粘性係数 D の影響は磁気ヘッド 2 の速度 v に比例するので、ブロック 79 への入力速度 v において比較器 25 へ出力される形に表現される。

【0143】ブロック 76 から出力される制御信号 c' は、補正器 15 を構成する加算器 46 を経由して駆動信号 u となり、ブロック 22 で表される駆動器 10 へ入力される。

【0144】ブロック 47 の補正器 15 は、入力された制御信号 c' に、速度負荷推定器 12 の生成する負荷推定信号 $\tau dest$ を $1 / (gmn \cdot Ktn)$ 倍して補正信号 β を加算器 46 で加算し駆動信号 u を出力する。すなわち、負荷推定信号 $\tau dest$ を $1 / (gmn \cdot Ktn)$ 倍することによりアクチュエータ 9 に負荷推定信号 $\tau dest$ に相当する大きさの駆動力を発生させるに必要な補正信号 β を加算器 46 へ出力させる。したがって、実施の形態 3 の磁気ディスク装置は、軸受 4 の軸受摩擦とアクチュエータ 9 と電子回路基板とを接続するフレキシブルプリント基板の弾性力などの外乱負荷 τd を打ち消すように負荷推定信号 $\tau dest$ をアクチュエータ 9 に作用させるように構成されている。

【0145】本発明の実施の形態 3 の磁気ディスク装置は、アクチュエータ 9 にアクチュエータ 9 に加わる軸受摩擦やフレキシブルプリント基板の弾性力等の外乱負荷 τd が作用しても、この外乱負荷 τd を速度負荷推定器 12 により推定し、推定された得た負荷推定信号 $\tau dest$ をもって外部から加わった外乱負荷 τd を打ち消すように制御するように構成されている。したがって、実施の形態 1 と同様、外部から加わった外乱負荷 τd が、あたかも (数 13) および図 5 の遮断周波数特性を有するフィルタを通して位置決め制御系に加わったように作用する。したがって、本発明の実施の形態 3 の磁気ディスク装置では角周波数 ωo 以下の周波数においては、1 次の低域遮断特性で外乱負荷を抑制することができる。

【0146】図 11 は、本発明の実施の形態 3 の磁気ディスク装置の位置決め制御特性について、速度負荷推定器 12 の改善効果を説明するための周波数特性図である。ここで、(数 10) および (数 11) の制御パラメータを決定する推定周波数 $f o$ ($\omega o = 2 \pi f o$) とダンピングファクタ ζo の値をそれぞれ 3 kHz および 1 に選び、位置決め制御系の制御帯域を 300 Hz に設定し

てシミュレーションを行った。

【0147】図 11 において、破線 81 は、アクチュエータ 9 に外乱負荷 τd が全く作用しない理想的な場合の目標トラック位置 r に対する磁気ヘッド 2 の位置 x の周波数応答特性を示したものである。位置決め制御系の制御帯域を 300 Hz に設定したので、周波数 300 Hz 近傍まで磁気ヘッド 2 を目標トラックに対して正確に追従させることができる。

【0148】図 11 の 82 は、回転に応じてアクチュエータ 9 に軸受 4 の軸受摩擦とフレキシブルプリント基板などのばね力が作用したときの目標トラック位置 r に対する磁気ヘッド 2 の位置 x 、すなわち、 x/r の周波数応答特性を示したものである。この x/r の特性を示す 82 は、周波数 200 Hz あたりまで 0 dB 以下にあるため、周波数 200 Hz 以下の低域周波数領域で磁気ヘッド 2 を目標トラックに対して正確に追従させることができない。

【0149】図 11 の 83 は、本発明の実施の形態 3 の磁気ディスク装置の目標トラック位置 r に対する磁気ヘッド 2 の位置 x の周波数応答特性を示したものである。すなわち、速度負荷推定器 12 の効果により、外乱負荷のない理想的な場合の周波数特性 81 に近づいていることが分かる。

【0150】図 12 は、本発明の実施の形態 3 の磁気ディスク装置の速度負荷推定器 12 の外乱負荷抑制効果について、さらに詳細に説明するための周波数特性図である。図 12 の 84 は、アクチュエータ 9 に外乱負荷が作用しないときに制御信号 c' (この場合は駆動信号 u に等しい) に対する磁気ヘッド 2 の位置 x の応答、すなわち、 x/c' の伝達特性を示したものである。これは理想アクチュエータの特性を示すもので、周波数の増加に対して、 -40 dB/dec (ディケード) の減衰比で減衰する直線となる。

【0151】図 12 の 85 は、速度負荷推定器 12 を用いない場合で、アクチュエータ 9 に軸受 4 の軸受摩擦とフレキシブルプリント基板などのばね力が作用したときの制御信号 c' に対する磁気ヘッド 2 の位置 x の周波数応答特性、すなわち、 x/c' の伝達特性を示す。アクチュエータ 9 は、周波数 200 Hz で共振特性を示し、100 Hz 以下の低域周波数領域では、ほぼ平坦な伝達特性を示す。すなわち、周波数 100 Hz 以下の低域周波数領域で、磁気ヘッド 2 は外乱負荷の影響で動きにくくなっている。

【0152】図 12 の 86 は、本発明の実施の形態 3 の磁気ディスク装置の制御信号 c' に対する磁気ヘッド 2 の位置 x の周波数応答特性を示したものである。すなわち、速度負荷推定器 12 の効果により、低域周波数領域において外乱負荷のない理想アクチュエータの周波数特性 84 に近づき、図 12 の 85 の場合と比較してアクチュエータの周波数特性が大幅に改善され、共振によるビ

ークも発生しない。

【0153】その結果、本発明の実施の形態3の磁気ディスク装置は、図9の切換器72の入力端子73に切換指令としてロード・アンロード指令が入力されると、切換器72のスイッチ74は端子a側に接続され、前述の実施の形態1と同様に磁気ヘッド2を磁気ディスク1上の目標トラックまで滑らかな速度で移動させる。また、磁気ヘッド2を磁気ディスク1からランプブロック7へ滑らかに退避させることができる。また、切換器72の入力端子73に切換指令としてフォローイング指令が入力されると、切換器72のスイッチ74は端子b側に接続され、磁気ヘッド2は目標トラックに高精度に位置決め制御される。

【0154】したがって、本発明の実施の形態3の磁気ディスク装置によれば、速度負荷推定器12によりヘッドの移動速度を正確に検出することができ、ランプブロック上の外乱負荷の変動が大きくても、安定な速度制御が可能で、磁気ヘッドのロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。また、磁気ヘッドのフォローイング動作では、アクチュエータ9に軸受4の軸受摩擦とフレキシブルプリント基板などの弾性力が作用しても、これら外乱負荷の影響を速度負荷推定器12と補正器15により打ち消すことができるので、磁気ヘッドの位置決め精度を向上させることができる。

【0155】（実施の形態4）図13は本発明の実施の形態4にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。なお、前述の実施の形態3と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

【0156】図13に示す実施の形態4の磁気ディスク装置において、図9の実施の形態3と異なるところは、速度負荷推定器に入力される信号である。すなわち、図9の実施の形態3では、電圧検出器11の生成する電圧信号Vaと駆動信号uとが速度負荷推定器12へ入力される構成であったが、図13の実施の形態4では、電圧検出器11の生成する電圧信号Vaと切換器72の出力する制御信号c'とが速度負荷推定器60に入力されるように構成されている。

【0157】図13の速度負荷推定器60で生成された負荷推定信号 τ_{dest} は、補正器15に入力されている。補正器15は、切換器72の出力する制御信号c'と速度負荷推定器60の負荷推定信号 τ_{dest} とが入力され、補正器15で補正演算を施した後、駆動信号uを駆動器10へ出力する。

【0158】図14は、実施の形態4の磁気ディスク装置において、スイッチ74が端子b側に接続された場合の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図である。図中の一点鎖線で囲んだ部分61が速度負荷推定器60のブロックであり、図8のブロック61と同じブロック線図である。同じく一点鎖線で囲んだ部分47が補

正器15のブロックである。なお、図14においても図10と同様、セクタサーボのサンプリングによる時間遅れ要素については、公知の位相補償で対処できる。したがって、説明を簡単にするために、これを省略してある。

【0159】実施の形態4の磁気ディスク装置では、図8のブロック61で示される速度負荷推定器60を適用することができるので、速度負荷推定器60と補正器15の構成に必要な加算器の数を、前述の実施の形態3の磁気ディスク装置に比べて削減することができる。

【0160】したがって、実施の形態4の磁気ディスク装置によれば、実施の形態3と比べて、より簡単な構成でヘッドの移動速度vと速度制御系に作用するランプブロック7での摩擦などの外乱負荷 τ_d を推定することが可能となり、ヘッドのロード・アンロード速度制御を安定に行うことができる。また、磁気ヘッド2のフォローイング動作では、アクチュエータ9に軸受4の軸受摩擦とフレキシブルプリント基板などの弾性力が作用しても、これら外乱負荷 τ_d の影響を速度負荷推定器60と補正器15により打ち消すことができるので、磁気ヘッド2の位置決め精度を向上させることができる。

【0161】さらに、実施の形態4の磁気ディスク装置においては、速度負荷推定器60と補正器15を構成する加算器の数を削減できるので、制御系をアナログ回路などのハードウェアで実現する場合には、回路の調整を簡単化できる。また、制御系をソフトウェアで実現する場合には、演算処理による演算時間遅れを短縮することが可能となり、より制御帯域を高めることが可能となる。

【0162】なお、本発明の実施の形態3および実施の形態4の磁気ディスク装置は、切換指令に応じて、ロード・アンロードにおける磁気ヘッドの速度制御モードとフォローイングにおける磁気ヘッドの位置決め制御モードとを切り換えて制御を行うが、速度負荷推定器12および速度推定器60の制御パラメータは各モードに応じて特に変更する必要はない。したがって、本発明の磁気ディスク装置は、簡単な構成にて制御系を構成することができる。

【0163】（実施の形態5）図15は本発明の実施の形態5にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図である。なお、前述の実施の形態3と同一の機能を有するものについては同一の参照符号を付して重複した説明は省略する。

【0164】図15に示す実施の形態5の磁気ディスク装置において、図9の実施の形態3と異なるところは、位置制御器に入力される信号である。すなわち、図9の実施の形態では、位置制御器71は位置検出器70の出力する位置誤差信号 ϵ だけが入力され位置制御信号cxを生成していたが、図15の実施の形態では、位置制御器91は位置検出器70の出力する位置誤差信号 ϵ と速

度負荷推定器 12 の出力する速度推定信号 v_{est} とが入力され位置制御信号 c_x を生成するように構成されている。

【0165】本発明の実施の形態 3 の磁気ディスク装置において、図 10 のブロック 76 で表される位置制御器 71 は、ヘッド位置決めに PID 制御を行うために位置誤差信号 ε に (数 18) で表現される伝達関数 $G_x(s)$ のフィルタ処理を施して位置制御信号 c_x を生成している。

【0166】(数 18) の括弧の中の第 2 項目は、位置誤差信号 ε に対して微分処理を行うことで、位置決め制

$$c_x = G_x(s) \cdot \varepsilon = K_x \left(1 + T_d \cdot s + \frac{1}{T_i \cdot s} \right) \cdot \varepsilon$$

$$= K_x \left\{ \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} \right) \cdot \varepsilon + T_d \cdot s \cdot \varepsilon \right\}$$

であるが、 $s \cdot \varepsilon$ を (数 19) で示した $-v_{est}$ と置き換えることにより、

$$c_x = K_x \left\{ \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} \right) \cdot \varepsilon - T_d \cdot v_{est} \right\}$$

$$= K_x \left(1 + \frac{1}{T_i \cdot s} \right) \cdot \varepsilon - K_x \cdot T_d \cdot v_{est}$$

となる。すなわち、本発明の実施の形態 5 の磁気ディスク装置において、位置制御器 91 は、位置検出器 70 の出力する位置誤差信号 ε と速度負荷推定器 12 の生成する速度推定信号 v_{est} より位置制御信号 c_x を生成するように構成することができる。ここで、(数 18) と同様、 K_x は位置決め制御系の比例ゲイン、 T_d は微分時定数、 T_i は積分時定数である。

【0170】位置検出器 70 から入力した位置誤差信号 ε を $K_x (1 + 1/T_i)$ 倍するとともに、速度負荷推定器 12 から入力した速度推定信号 v_{est} を $K_x \cdot T_d$ 倍し、両者の差分をとることにより、位置制御信号 c_x を生成するものとする。したがって、実施の形態 5 の磁気ディスク装置は、位置決め制御時には PID 制御を行うことになる。

【0171】実施の形態 3 の場合は、磁気ディスク 1 に予め記録されたサーボ情報を磁気ヘッド 2 で読み取り、位置検出器 70 で変換された位置誤差信号 ε に対して微分処理を行い、位置決め制御系を安定化している。しかし、磁気ディスク 1 から磁気ヘッド 2 で再生される位置誤差信号 ε は、磁気ディスクのセクタごとに予め記録された位置信号を読み取るため連続信号ではなく、サンプリング周期 T の離散的な信号である。したがって、位置誤差信号 ε の微分処理は、実際には現サンプリングの位置誤差信号 $\varepsilon(n)$ から前回サンプリングの位置誤差信号 $\varepsilon(n-1)$ の差分 $\Delta \varepsilon (= \varepsilon(n) - \varepsilon(n-1))$ を計算し、

御系を安定化するものである。この微分操作は、(数 17) の関係式より、目標トラック位置 r を一定とすれば、(数 19) のように表現することができる。

【0167】

【数 19】

$$s \cdot \varepsilon = s(r - x)$$

$$= -v_{est}$$

(数 18) を用いたときの位置制御信号 c_x は、

【0168】

【数 20】

【0169】

【数 21】

差分 $\Delta \varepsilon$ をサンプリング周期 T で割ることにより実現している。そのため、微分処理を行った微分値は、位置誤差信号 ε に含まれるノイズの影響を受けやすく、特に磁気ヘッドを目標トラックまで移動させるシークモードから磁気ヘッドを目標トラックに追従させるフォローイングモードに切り換える時点で、大きな誤信号を発生する。その結果、位置決め制御系を安定化することができず、フォローイングの誤動作を引き起こしたり、データを読み取るまでのアクセス時間を長くしていた。

【0172】それに対して、本実施の形態 5 の磁気ディスク装置は、位置決め制御系を安定化するために、磁気ディスクと磁気ヘッドから得られる位置誤差信号 ε の微分値 ($T_d \cdot s \cdot \varepsilon$) (数 20 参照) を用いるのではなく、速度負荷推定器 12 で生成される速度推定信号 v_{est} に比例ゲイン K_x と微分時定数 T_d を掛けた乗算値 ($-K_x \cdot T_d \cdot v_{est}$) を用いる。その結果、本実施の形態 5 の磁気ディスク装置によれば、速度推定信号 v_{est} はノイズの影響を受けにくく、磁気ディスク装置のセクタサンプリング周期に依存しないので、フォローイング時の誤動作を発生せず、データを読み取るまでのアクセス時間を短縮することができる。

【0173】なお、実施の形態 5 の磁気ディスク装置では、速度負荷推定器 12 により生成された負荷推定信号 τ_{dest} を用いて、アクチュエータ 9 に実際に作用する外乱負荷 τ_d を打ち消すように構成したが、アクチュエー

タ 9 の受ける外力が小さい場合には、速度負荷推定器 12 の生成する速度推定信号 v_{est} のみを用いて、シーク動作時における磁気ヘッドの速度制御や、フォローインク動作時における磁気ヘッドの位置決め制御を行い、負荷推定信号 τ_{dest} は用いないように構成してもよい。この場合には、補正器 15 が不要となり磁気ディスク装置の構成が簡単になる。

【0174】なお、以上の説明では、図 9 の実施の形態 3 の磁気ディスク装置を基本に速度推定器 12 の生成する速度推定信号 v_{est} を位置制御器 91 に入力するように構成したが、図 13 の実施の形態 4 の磁気ディスク装置を基本に速度負荷推定器 60 の生成する速度推定信号 v_{est} を位置制御器 91 に入力するように構成してもよい。

【0175】また、上述した各実施の形態では、速度負荷推定器の生成する負荷推定信号 τ_{dest} はアクチュエータ 9 に作用する軸受摩擦やフレキシブルプリント基板の弾性力だけを推定できるとして説明したが、磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ 9 の受ける慣性力も推定でき、補正器 15 でその慣性力を打ち消すことができることは言うまでもない。したがって、本発明によれば耐振特性に優れた磁気ディスク装置を実現することができる。

【0176】なお、上述してきた各実施の形態では、乗算器や積分器はアナログ・フィルタで構成するもので説明したが、デジタル・フィルタで構成することも可能である。さらに、各実施の形態の速度制御系を構成する各部についてはマイクロコンピュータによるソフトウェアにより実現するようにしてもよい。

【0177】なお、以上説明した各実施の形態では磁気ディスク装置で説明したが、本発明は、これに限定されるものではない。

【0178】

【発明の効果】以上のように本発明のディスク装置によれば、速度負荷推定手段によりヘッド移動速度およびロード・アンロード動作時にランブロックなどのヘッド退避部材から受ける摩擦等による外乱負荷を正確に検出することができるので、その外乱負荷の変動が大きくても、速度制御を安定的に行うことができる。すなわち、ヘッドロード・アンロード動作の信頼性を向上させることができる。

【0179】また、本発明のディスク装置によれば、切換指令に応じてヘッドの移動速度制御と目標トラックへの位置決め制御とを切り換えることができ、ディスク上にヘッドを滑らかにローディングさせた後も速度負荷推定手段の機能により、アクチュエータ手段に加わる軸受摩擦やフレキシブルプリント基板の弾性力や磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力等の外乱負荷の変動を補償できるので、目標トラックに対するヘッドの位置決め精度を向

上させることできる。併せて、磁気ディスク装置に外部から加わる衝撃や振動によりアクチュエータ手段の受ける慣性力を打ち消すことで、ディスク装置の耐振特性を向上させることができる。

【0180】したがって、アクチュエータ手段の小型軽量化によりアクチュエータ手段に作用する外力が位置決め制御系に与える影響が大きくなったときに、本発明のディスク装置によればヘッドの位置決め精度を向上させて対応することが可能であり、トラック密度を従来より高めることができるので大容量のディスク装置を実現することができる。

【0181】さらに、本発明のディスク装置によれば、ヘッドのロード・アンロードにおける速度制御だけでなく、目標トラックに対してヘッドを高速で移動させるシーク動作時の速度制御を、ディスクに記録されたサーボ信号をヘッドで再生することなく実現でき、ディスク装置のシーク速度を高めることも可能となっている。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態 1 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図 2】 本発明の実施の形態 1 の速度制御系の全体構成を示すブロック線図

【図 3】 本発明の実施の形態 1 の速度負荷推定器の外乱負荷推定動作を説明するためのブロック線図 (a) と、(a) のブロック線図を等価変換したブロック線図 (b) と、(a) のブロック線図をまとめて表現したブロック線図

【図 4】 本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置に加わる外乱負荷を抑制する動作を説明するためのブロック線図 (a) と、(a) のブロック線図を等価変換したブロック線図 (b)

【図 5】 本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置に加わる外乱負荷に対する遮断周波数特性図

【図 6】 本発明の実施の形態 1 の磁気ディスク装置に加わる外乱負荷の変動と速度負荷推定器が出力する負荷推定信号の時間波形図 (a) と、速度負荷推定器の出力する負荷推定信号を補正器に入力しない場合のヘッド移動速度の時間波形図 (b) と、速度負荷推定器の出力する負荷推定信号を補正器に入力して外乱負荷の変動を打ち消した場合のヘッド移動速度の時間波形図 (c)

【図 7】 本発明の実施の形態 2 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図 8】 本発明の実施の形態 2 の速度制御系の全体構成を示すブロック線図

【図 9】 本発明の実施の形態 3 の磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図 10】 本発明の実施の形態 3 の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

【図 11】 本発明の実施の形態 3 の位置決め制御特性を説明するための周波数特性図

【図 1 2】 本発明の実施の形態 3 の外乱負荷抑制効果を説明するための周波数特性図

【図 1 3】 本発明の実施の形態 4 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【図 1 4】 本発明の実施の形態 4 の位置決め制御系の全体構成を示すブロック線図

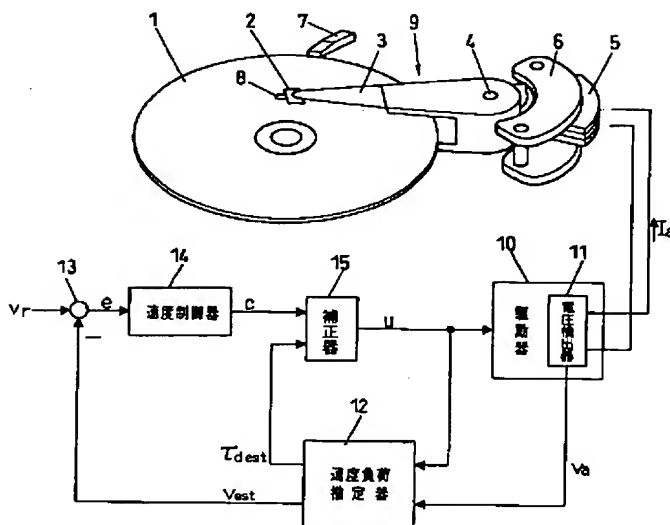
【図 1 5】 本発明の実施の形態 5 にかかわる磁気ディスク装置の構成を示すブロック図

【符号の説明】

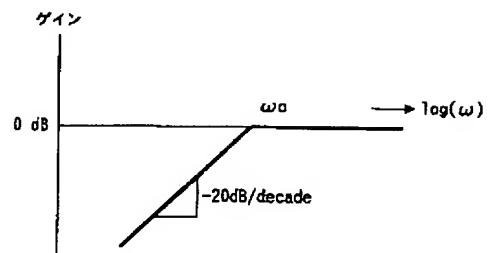
- 1 磁気ディスク
2 磁気ヘッド
3 ヘッドアーム
4 軸受
5 駆動コイル
6 固定子
7 ランプブロック（ヘッド退避部材）
8 サスペンションタブ
9 アクチュエータ（アクチュエータ手段）
10 駆動器（駆動手段）
11 電圧検出器（電圧検出手段）
12, 60 速度負荷推定器（速度負荷推定手段／速度推定手段）
13 比較器（比較手段）
14 速度制御器（速度制御手段）
15 補正器（補正手段）
32, 33 第 1 の乗算器（第 1 の乗算手段）

- 43 第 1 の積分器（第 1 の積分手段）
44 第 2 の乗算器（第 2 の乗算手段）
34, 35 第 2 の積分器（第 2 の積分手段）
37 比較器（比較手段）
70 位置検出器（位置検出手段）
71, 91 位置制御器（位置制御手段）
u 駆動信号
e 誤差信号
c 速度制御信号
10 v_r 速度指令信号
V_a 電圧信号
v ヘッド移動速度
v_{est} 速度推定信号
 τ 駆動トルク
 τ_d 外乱負荷
 τ_{dest} 負荷推定信号
I_a 駆動電流
I_{aest} 推定電流
E_a 誘起電圧
20 E_{aest} 誘起電圧推定信号
V_{aest} 電圧推定信号
 β 補正信号
 ε 位置誤差信号
c_x 位置制御信号
c_v 速度制御信号
c' 制御信号

【図 1】



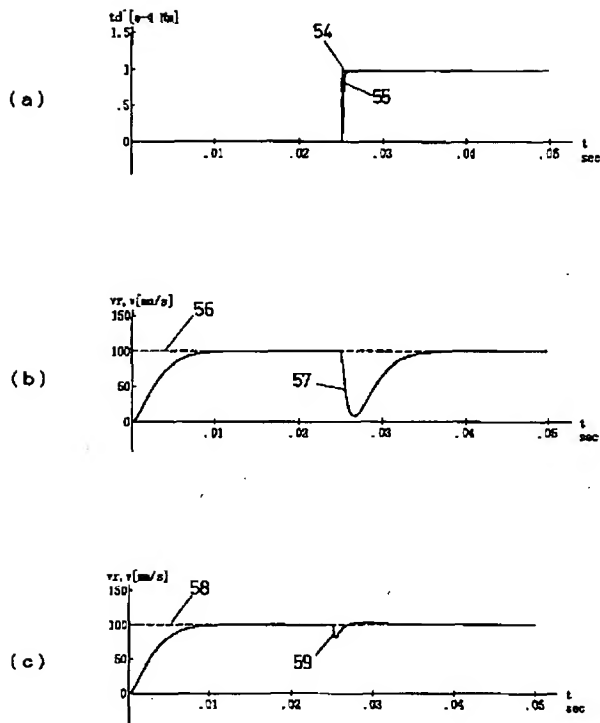
【図 5】



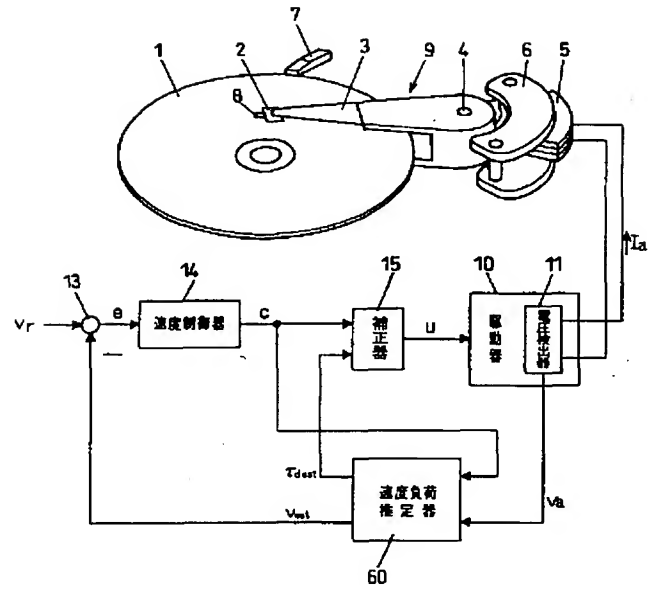
The diagram illustrates a control system for a motor drive, featuring a feedback loop and a feedforward path. The main feedback loop starts with a reference input v_r (13) entering a summing junction (14). The output of this junction is the error signal e , which passes through a controller block $G_v(s)$ (21). The resulting signal c (47) enters another summing junction (46). The output of junction 46 is the control signal u , which is fed into a motor block g_m (22). The motor output I_a (23) is fed into a summing junction (25) and also into a feedforward block $R_a + L_a \cdot s$ (27). The output of junction 25 is the current i (24), which is fed into a block $\frac{L_b}{J \cdot s}$ (26). The output of block 26 is the motor speed ω (28). The motor speed ω is fed into a summing junction (37) and also into a block K_v (29). The output of block 29 is the back EMF E_a (30). The output of junction 37 is the motor speed ω (36). The motor speed ω is fed into a summing junction (38) and also into a block $\frac{g_2}{s}$ (43). The output of block 43 is the feedforward signal a (44). The output of junction 38 is the feedforward signal τ_{dest} (45). The feedforward signal τ_{dest} is fed into a summing junction (31) and also into a block $\frac{g_1}{s}$ (42). The output of block 42 is the feedforward signal V_{est} (41). The output of junction 31 is the feedforward signal τ_{est} (40). The feedforward signal τ_{est} is fed into a summing junction (39) and also into a block $\frac{L_{bn}}{J \cdot s}$ (35). The output of block 35 is the feedforward signal E_{est} (34). The output of junction 39 is the feedforward signal $R_a + L_a \cdot s$ (33). The output of block 33 is the feedforward signal $I_{a,est}$ (32). The output of junction 32 is the feedforward signal g_m (31). The output of block 31 is the feedforward signal τ_{est} (40). The feedforward signal τ_{est} is fed into a summing junction (38) and also into a block $\frac{g_1}{s}$ (42). The output of block 42 is the feedforward signal V_{est} (41). The output of junction 31 is the feedforward signal τ_{est} (40). The feedforward signal τ_{est} is fed into a summing junction (39) and also into a block $\frac{L_{bn}}{J \cdot s}$ (35). The output of block 35 is the feedforward signal E_{est} (34). The output of junction 39 is the feedforward signal $R_a + L_a \cdot s$ (33). The output of block 33 is the feedforward signal $I_{a,est}$ (32). The output of junction 32 is the feedforward signal g_m (31). The output of block 31 is the feedforward signal τ_{est} (40).

Block diagram (b) illustrates the calculation of T_{dant} . The input $I_{ant} (= I_a)$ is processed by block 49, which calculates $(R_{an} - R_a) + (L_{an} - L_a) s$. The output of block 49 is summed with the output of block 35 at junction 50. The output of block 35 is the result of block 34, $\frac{L_{bn}}{J_n s}$, which receives input from junction 31. Junction 31 is the sum of the output of block 33, K_{tn} (which takes I_a as input), and the output of block 38, which is the output of block 34 multiplied by block 44, g_1 . Block 38 receives input from junction 48, which is the sum of the output of block 51, $\frac{J_n \cdot s}{L_{bn} \cdot K_{vn}}$ (which takes E_n as input), and the output of block 49. The output of block 50 is then processed by block 43, $\frac{g_2}{s}$, to produce the final output T_{dant} .

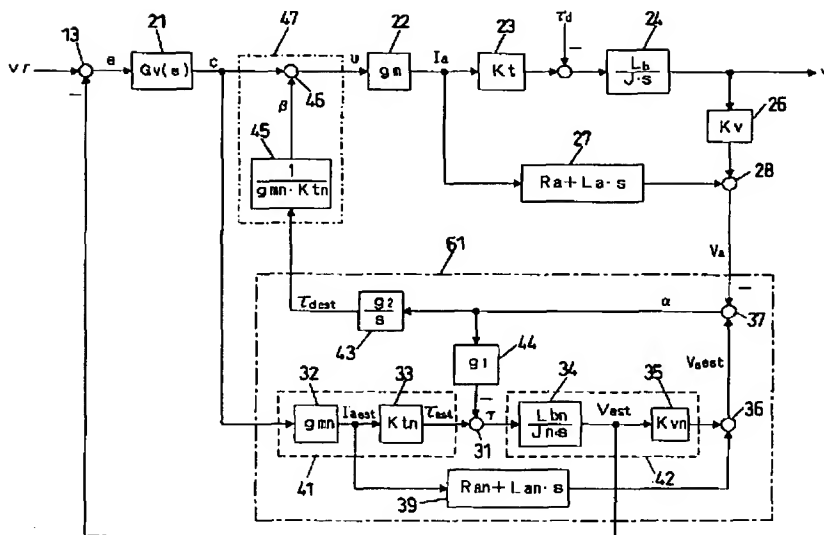
【図 6】



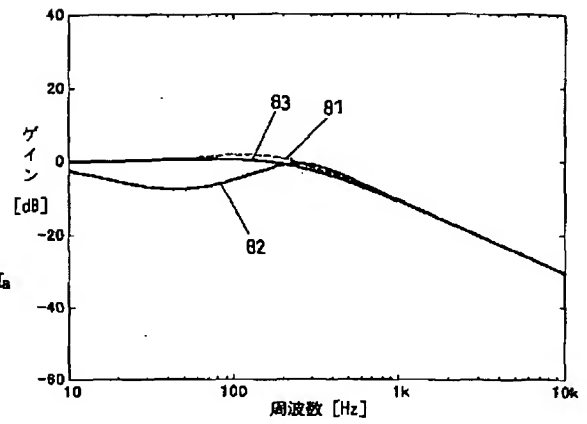
【図 7】



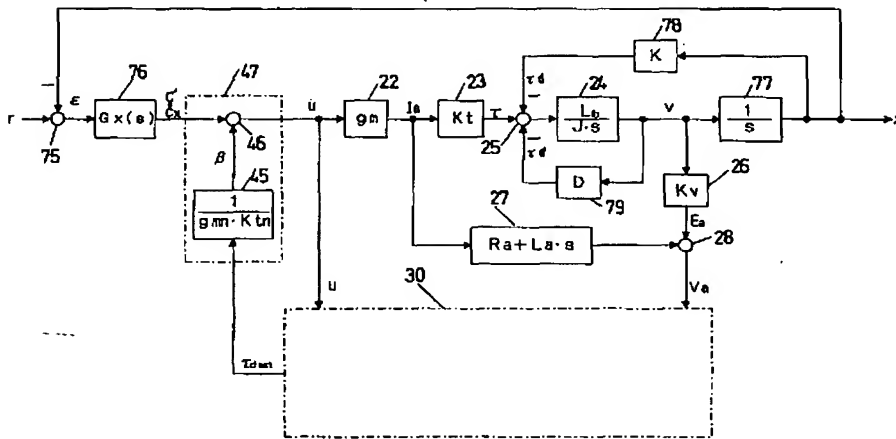
【図 8】



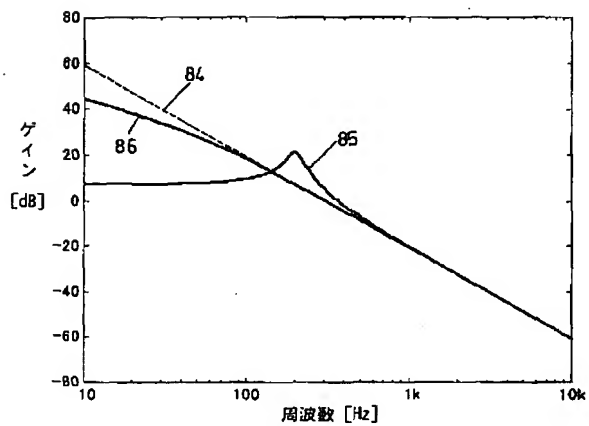
【图 1 1】



【例 10】



【图 1 2】



The diagram illustrates a control system for a mechanical arm. The mechanical arm consists of a disc (1) and a lever (3) with a weight (7). The control system includes a position feedback loop (70, 91, 73, 74, 72) and a velocity feedback loop (13, 14, 15, 12). The system also includes a motor (10) and a pressure output unit (11).

Fターム(参考) 5D076 EE01
5D088 BB20 CC10 NN02 NN12 NN22
5H004 GA07 GB09 GB20 HA07 HB07
HB14 JB22 KA01 KA72 KB38